BHS
III
70

85

BHS III 70

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Bibliothek:
Gruppe: III
B.Nr. 70
Aktiengesellschaft

Theoretisch-praktische Abhandlung

über

die Dampfschifffahrt,

ihre neuesten Verbesserungen,

und

ihre Anwendbarkeit auf die Gewässer des Preußischen Staates.

Nebst einem Anhange

über Dampfwagen

als Förderungsmittel auf gewöhnlichen Kunststraßen.

Von

Dr. L. Kufahl.

Mit 5 Kupfertafeln.

Berlin, 1833.
Bei Duncker und Humblot.

BIBLIOTHEK DER K. B. GENERAL BERG- U. SALINEN ADMINISTR.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seinem

verehrten Freunde,

dem

Königlichen Major a. D., Ritter rc.

Herrn Blesson,

hochachtungsvoll zugeeignet

vom

Verfasser.

Vorrede.

Der Gedanke, mittelst der Dampfkraft Fahrzeuge in Bewegung zu setzen, lag ziemlich nahe, seitdem Newcomen (1705) die atmosphärische Dampfmaschine erfunden, und Humphry Potter (1713) sie verbessert hatte; allein es dauerte lange, bis die wirkliche Ausführung folgte, und wiederum vergingen viele Jahre, bevor diese letztere zur vortheilhaften und allgemeinen Anwendung sich erheben konnte. Von dem Jahre 1736, wo Jonathan Hulls zuerst der Englischen Admiralität die Erbauung von Dampfbooten vorschlug, bis zu Robert Fulton's glücklicher Fahrt von New-York nach Albany im Jahre 1807 wurden an zwanzig verschiedene Versuche gemacht, die Kraft des Dampfes, deren man sich immer besser bedienen lernte, auf die Schifffahrt anzuwenden; und manche der-

selben mißglückten nicht sowohl, weil sie in sich selbst mangelhaft gewesen wären, als vielmehr, weil die Umstände sich ihnen ungünstig bewiesen.

Auch Robert Fulton, der wahre Begründer der Dampfschifffahrt, hatte anfänglich mit nicht geringen Schwierigkeiten zu kämpfen. Sobald sich aber seine Erfolge als unzweifelhaft bewiesen hatten, bemächtigte sich der Unternehmungsgeist der Amerikaner des Gegenstandes mit einem, seiner Wichtigkeit für Handel und Verkehr angemessenen Eifer. Dem Beispiele seiner ehemaligen Kolonieen folgte zunächst England; dann, obgleich weit zurückbleibend, Preußen und Frankreich. Es ist bekannt, daß unter uns zuerst der Engländer Humphries Versuche zur Einführung der Dampfschifffahrt machte. Er hatte ein Patent auf sein Unternehmen, und sowohl die Regierung als Privatleute unterstützten ihn in dem Bemühen, mittelst der Dampfschifffahrt eine regelmäßige und schnelle Verbindung zwischen Berlin, Hamburg und Magdeburg zu Stande zu bringen. Eine Zeit lang erregten seine Dampfboote die Neugier der Uferbewohner und die Besorgnisse der Schiffer; bald genug aber fiel das Unternehmen, vorzüglich weil Humphries zu kostbar gebaut und den Wasserstand so wie die Strömung unserer Flüsse nicht genug berücksichtigt hatte. Spätere Versuche, die Dampfschifffahrt wieder in das Leben zu rufen, lieferten nur auf

dem Rhein und am Ausflusse der Oder nicht ungünstige Resultate, konnten aber auf der Elbe und Havel von Privatunternehmern nicht durchgeführt werden.

Nach diesen traurigen Erfahrungen konnte es wohl als Verwegenheit erscheinen, wenn Jemand, der in seiner äußeren Lage keinen Beruf, keinen Antrieb zu einem solchen Unternehmen fand, dennoch mit einem neuen System der Dampfschifffahrt in Preußen aufzutreten wagte. Auch hat es in der That nicht an Leuten gefehlt, welche die Sache im Voraus für unvernünftig erklärten, vorzüglich wohl, weil sie sich überzeugt hielten, es sei thöricht, von einem Inländer Dinge zu erwarten, an deren Ausführbarkeit Engländer und Amerikaner verzweifelten. Ich rede hier von meiner Wasserschraube. Mag man dieselbe für eine Erfindung, Verbesserung, Berechnung oder sonst etwas ansehen: so viel ist gewiß, daß sie sich von allen früheren Triebvorrichtungen äußerlich ähnlicher Konstruktion dadurch unterscheidet, daß diese letzteren bei der Anwendung nur schlechte, meine Versuche dagegen, welche stets im Beisein Sachverständiger angestellt wurden, im Verhältniß zu der angewandten Kraft vorzügliche Resultate gegeben haben.

Unter solchen Umständen mußte ich froh sein, statt allgemeinen Entgegenkommens den Rath und die Unterstützung weniger Freunde zu finden: allein diese für ein so

großes Unternehmen anscheinend geringe Hülfe, hat sich kräftig genug bewährt. Nicht nur ein Versuchsdampfboot hat erbaut werden können, sondern auch ein großes Elbdampfschiff ist bereits in Stettin von Stapel gelaufen, und wird, nachdem es hier zwei von dem talentvollen Mechaniker Herrn Osti ausgeführte Maschinen eigenthümlicher Konstruktion an Bord genommen hat, seine Fahrten binnen wenigen Wochen beginnen. Auch von außerhalb sind bereits Anfragen an mich ergangen und Unterhandlungen angeknüpft; und so läßt sich erwarten, daß das Unternehmen, wenn auch später, als ich wünschen konnte, doch sicher zur Reife gedeihen werde.

Um den Zweck und die Grenzen des vorliegenden Aufsatzes zu bestimmen, bemerke ich, daß er vornehmlich in der Absicht geschrieben ist, um meine Landsleute von einem Zweige der neueren Kultur faßlich und doch genau zu unterrichten, bei dem es fast noch überall an positiven Grundsätzen fehlt, und der troz seiner allgemeinen und vorzüglichen Wichtigkeit, für die meisten meiner Mitbürger noch in ein geheimnißvolles Dunkel gehüllt ist; sodann aber einen allgemeinen Begriff von den meinem Unternehmen dienenden technischen Mitteln zu geben. Daß ich bei einigen Verbesserungen an Dampfapparaten nicht in Details eingegangen bin, hat seinen Grund in Umständen, denen ich nicht zu gebieten vermag. Uebrigens habe ich

nur erwähnt, was streng zur Sache zu gehören oder in der Ausführung mit Schwierigkeiten verknüpft zu sein schien; der Dampfschifffahrt auf dem Rhein z. B. aber nicht gedacht, weil diese nur in einer unzweckmäßigen aber leicht abzuändernden Konstruktion der Fahrzeuge Hindernisse finden kann.

Was den Anhang betrifft, so handelt er von einem Gegenstande, der für meine Mitbürger leicht noch größeres Interesse haben dürfte, als die Dampfschifffahrt. Jedermann sieht ein, von wie außerordentlicher Wichtigkeit für Handel und Verkehr eine solche Verbesserung der Lokomotivmaschinen sein würde, daß sie auf gewöhnlichen Kunststraßen mit Erfolg gebraucht werden könnten. Denn in demselben Augenblicke, wo die Möglichkeit einer solchen Anwendung der Dampfkraft praktisch erwiesen wäre, würden auch die unendlichen Vortheile derselben in das hellste Licht treten. Ich erwähne nur eines einzigen: Welcher außerordentliche Ueberschuß an Bedürfnissen und Annehmlichkeiten des Lebens, also auch an materiellem Wohlsein würde einem Volke zu Gebote stehen, das gelernt hätte, der Zugkraft der Thiere, welche von gleichen Produkten mit dem Menschen leben, zu entbehren, und eine bewegende Kraft an ihre Stelle zu setzen, die ihren Unterhalt in den nur durch menschliche Arbeit ohne weiteren Verlust zu fördernden Erzeugnissen des Innern der Erde

findet. Daß eine solche Umgestaltung eintreten werde, ist gewiß, weil die immer steigende Bevölkerung neue Subsistenzmittel nothwendig suchen und finden muß. Obgleich also die in England mit Dampfwagen auf Chausseen angestellten Versuche kein ganz günstiges Resultat gegeben haben, so ist es doch keineswegs unzweckmäßig, über die Sache zu reden, wenn, wie ich beabsichtige, neue Versuche, über die ich zur Zeit Bericht erstatten werde, der Erörterung folgen sollen.

Berlin, den 29. Mai 1833.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

Vorrede v

Abschnitt I.

Von der Bauart der Fahrzeuge, welche durch Dampfkraft bewegt werden sollen 1
Zweck eines Dampfschiffes und dadurch bedingte Gestalt desselben 1
Verhältnisse der Länge und Breite 2
Gestalt des lebenden Werkes und Folgen derselben 3
Gestalt des todten Werkes 4
Dimensionen eines für die Elbe brauchbaren Bughsirboots von 30 Pferdekraft 5
Dimensionen eines Elbdampfschiffes von 50 Pferdekraft 6
Ueber den Wasserstand der Oder 6
Konstruktion eines für die Oder brauchbaren Bughsirboots von 30 Pferdekraft 7
Ueber die Anwendbarkeit der Dampfschifffahrt auf die Weichsel und die Kanäle des Preußischen Staats 8
Ueber die Bemastung der Dampfschiffe 9
Ueber die Anwendbarkeit beweglicher Kiele bei Dampfschiffen 9

Abschnitt II.

Von den Dampfmaschinen und ihrer für die Schifffahrt zweckmäßigsten Konstruktion 10
1) Die natürlichen Eigenschaften der Wasserdämpfe 10
Von den Verhältnissen des Druckes der Dämpfe zu ihrem Wärmegehalt 11
Von der Dichtigkeit, dem Wassergehalte und dem Gewicht saturirter Dämpfe 12
Von dem Drucke überhitzter Dämpfe 13
Von der Expansionskraft des Dampfes 13
Ueber die Menge des zur Dampfbildung erforderlichen Wärmestoffs 14
Ueber die möglich größte Spannung des Dampfes, wenn er durch Oeffnungen von bestimmtem Durchmesser ausströmt 15
Allgemeine Regeln für den Bau der Dampferzeuger 16
Ueber das Verhältniß der Feuerberührungsfläche zur Dampfbildung 16

Seite
2) Von den Vorrichtungen, um den Dampf als bewegende Kraft zu benutzen 16
Dampfmaschinen von niedrigem und hohem Drucke 17
Konstruktion einer Dampfmaschine von niedrigem Drucke nach dem System des J. Watt 17
Ursachen des Springens der Dampfkessel 21
Vorsichtsmaßregeln dagegen 28
Konstruktion der Hochdruckmaschinen 29
Von den cylindrischen Kesseln 29
Konstruktion eines neuen Röhrensystems zur Dampferzeugung ... 30
Beschreibung des von Perkins angewandten Dampferzeugers 31
Konstruktion des arbeitenden Zeuges einer Hochdruckmaschine und Vortheile derselben 32
Ueber den Effekt einer mit Expansion arbeitenden Hochdruckmaschine 33
Berechnung einer Expansionsmaschine von hohem Drucke nach dem System des Oliver Evans 36
Ueber Kolben mit Metalliderung 37
Kondensor des Oliver Evans 39
Konstruktion und Berechnung einer Expansionsmaschine mit 2 Cylindern nach dem System von J. Hornblower und A. Woolf . 39
Ueber eine Expansionsmaschine nach einem neuen System 41
Ueber die Anordnung der einzelnen Theile einer Schiffsmaschine . 41
Anlage der Maschinen für Dampfschiffe und Bughsirboote, welche die Elbe, Oder und Weichsel befahren können 42
Praktische Regeln über die Dimensionen einiger Maschinentheile . 43

Abschnitt III.

Von den Triebvorrichtungen 45
Von den Schaufelrädern 45
Schwierigkeit der Aufgabe, ihre Dimensionen für ein bestimmtes Fahrzeug und eine bestimmte Maschinenkraft zu finden 46
Nachtheile des Gebrauchs der Schaufelräder 47
Von der Anwendbarkeit der Reaktion des Wassers als Triebvorrichtung 49
Von den schraubenförmigen Triebvorrichtungen 51
Mißglückte Versuche sie anzuwenden 51
Perkins Wasserräder mit spiralförmigen Schaufeln 52
Beschreibung der Wasserschraube des Verfassers 53
Ihre Lage am Hintertheile des Schiffes 55
Ihre durch Versuche bestätigten Vorzüge 55
Ueber das allgemeine Verhältniß der Kraft, welche man einem Dampfschiffe geben muß, zu derjenigen, welche es unter günstigen Umständen braucht 58

Anhang.

Ueber Dampfwagen, als Förderungsmittel auf gewöhnlichen Kunststraßen 62

I.

Von der Bauart der Fahrzeuge, welche durch Dampfkraft bewegt werden sollen.

Die Schiffsarchitektur betrachtet es im Allgemeinen als ihre wichtigste Aufgabe, ein Fahrzeug so zu bauen, daß es bei einer gewissen vorherbestimmten Tragfähigkeit die möglich größte Schnelligkeit, Stetigkeit, Steifheit und Lenksamkeit besitze. Diese Eigenschaften in ihrem höchsten Grade widersprechen aber zum Theil einander, sie lassen sich folglich in einem und demselben schwimmenden Körper nie absolut, sondern nur annäherungsweise vereinigen; und oft fordern die Umstände, daß einige oder selbst die meisten von ihnen in den Hintergrund treten, damit Eine vor allen hervorsteche und ein besonderer Zweck auf die leichteste Weise erreicht werde.

Man baut vernünftiger Weise ein Dampfschiff in keiner anderen Absicht, als um die möglich schnellste und die möglich regelmäßigste Wasserverbindung zwischen zwei oder mehren Orten zu bewerkstelligen.

Diese **regelmäßige** und folglich von Nebenumständen **unabhängige Geschwindigkeit** ist der Hauptzweck, welcher allein die Anwendung eines unendlich theurern Bewegungsmittels als der Wind oder der Strom ist, nicht bloß rechtfertigen, sondern auch vortheilhaft machen kann. Demgemäß muß die

Bauart eines Dampfschiffes ganz vorzüglich auf Schnelligkeit berechnet sein, denn es ist ungleich vortheilhafter, dem Fahrzeuge selbst die der schnellen Bewegung günstigste Form zu geben, als es durch einen unverhältnißmäßigen Aufwand von Maschinenkraft zu einer Geschwindigkeit zu nöthigen, die mit seiner Gestalt in Widerspruch steht.

Es sind, besonders in England, wiederholte und genaue Versuche angestellt worden, um diejenige Gestalt zu ermitteln, welche der Fortbewegung eines auf dem Wasser schwimmenden Körpers am günstigsten ist. Diese Versuche haben gezeigt, daß es nicht bloß darauf ankomme, daß der Körper die ihm entgegenstehende Wassermasse leicht zu zertheilen vermöge, sondern wenigstens eben so sehr auf das Verhältniß, in welchem der vordere Druck des Wassers zu dem Seitendrucke und dem hinteren Drucke steht. Ein Körper, dessen Seitenumrisse zwei sehr spitzen, an der Grundlinie einander berührenden Dreiecken gleich sind, öffnet die ihm entgegenstehende Wassersäule gewiß eben so leicht, als ein anderer von ungleich beträchtlicherem Kubikinhalte, welcher zwischen den Grundlinien der Dreiecke noch ein ziemlich langes Viereck enthält, erfordert aber, um mit der nämlichen Geschwindigkeit im Wasser fortbewegt zu werden, verhältnißmäßig weit größere Kraftanstrengung als der letztere. Ebenso hat man gefunden, daß es keinen Gewinn für die Schnelligkeit der Bewegung bringe, wenn die größte Breite sehr weit vor dem Mittelpunkte liegt; und überhaupt ist beobachtet worden, daß bei gleichem kubischen Inhalte derjenige schwimmende Körper, dessen größte Breite dicht vor dem Mittelpunkte oder gerade in demselben liegt, dessen meist parallele Seiten vorn und hinten in einen parabolischen Keil zusammenlaufen, und dessen größte Breite zur Länge wie 1 zu 5 sich verhält, unter allen zu seiner Fortbewegung die geringste Kraft braucht. Demgemäß ist bei Kriegsschiffen das Verhältniß der Breite zur Länge, welches im Anfange des vorigen Jahrhunderts wie 1

zu 3 war, in neuerer Zeit gleich 1 zu 4 oder selbst gleich 1 zu $4\frac{1}{2}$ gesetzt worden. Dampfschiffe, welche bei 30 Fuß Breite 165 Fuß Länge haben, werden, weil sie wesentlich Ruderschiffe sind, auf der See mit Vortheil gebraucht, und wenn sie zur Fluß-Schifffahrt dienen sollen, muß die Länge im Verhältniß zur Breite wenigstens eben so groß sein.

Nicht weniger wichtig als die Seitenumrisse ist für die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs die Gestalt des lebenden Werkes, oder desjenigen Theils, welcher unter der Wasserlinie liegt. Niemand wird leugnen, daß ein schwimmender Körper, der überall 2 Fuß tief im Wasser liegt, zu seiner Fortbewegung doppelt so viel Kraft brauche, als ein anderer ganz gleicher, der nur 1 Fuß tief eintaucht. Da aber gleich schwere schwimmende Körper unter jeder Gestalt gleich viel Wasser verdrängen, so hat man nur die Wahl, den Flur oder Boden eines Schiffes schärfer zu bauen, und somit das Fahrzeug tiefer einsinken zu lassen, oder durch einen langen und flachen Flur eine geringere Wassertracht zu erlangen.

Wird das Fahrzeug durch Segel bewegt, so ist ein scharfes lebendes Werk der Schnelligkeit förderlich, weil es die Abtrift bei Seitenwind hindert, also die Stetigkeit oder das Vermögen, in der einmal angenommenen Richtung zu verharren, befördert; ein Dampfschiff aber, dessen Vorzug es ist, vom Winde unabhängig zu sein, und dessen bewegende Kraft stets so wirkt, als wenn ein Segelfahrzeug den Wind gerade in der Richtung des Kiels hat, läuft schneller mit einem flachen Flur.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß eine geringe Wassertracht bei Flußdampfschiffen eine der wesentlichsten Eigenschaften ist, und doch ist auf diese Eigenschaft unter uns bisher so wenig Rücksicht genommen worden.

Abgesehen davon, daß ein flacher und langer Flur bei Dampfschiffen Beförderungsmittel der Schnelligkeit ist, gewährt

er denselben noch andere wesentliche Vortheile. Er macht das Schiff ungleich tragfähiger, eine Eigenschaft, die bei dem Gewicht der Maschinen und des Brennstoffes nie in zu großem Maße vorhanden sein kann. Ein langer und flacher Flur befördert ferner die Steifheit des Fahrzeuges, oder in anderen Worten, er verhindert, daß eine äußere Gewalt den Schwerpunkt des Schiffes aus seiner über dem Kiel lothrechten Lage zu drängen vermag. Diese Eigenschaft der Steifheit ist nächst der Schnelligkeit einem Dampfschiffe am unentbehrlichsten. Fehlt sie, so erfolgt in unruhiger See eine heftige Bewegung von hinten nach vorn, das Stampfen, oder von einer Seite nach der andern, das Schlingern; und beide sind dem Verbande des Schiffes, dem Gange und der Haltbarkeit der Maschine im höchsten Grade nachtheilig.

Was die Lenksamkeit betrifft, welche gleichfalls in ihrem höheren oder geringeren Grade von der Gestalt des lebenden Werkes abhängt, so war diese bei Dampfschiffen bisher ein ungemein schwieriger Punkt. Das Dampfschiff, welches der Beihülfe der Masten und des Takelwerks beim Steuern gewöhnlich entbehren muß, kann im Allgemeinen nie so schnell und genau wenden, wie ein gut gebauetes Kriegsschiff bei frischem Winde, und bis jetzt machte die Natur der gebrauchten Triebvorrichtungen diesen Mangel, wie unten gezeigt werden wird, noch fühlbarer. Indessen widerstrebt ein langer und flacher Flur nicht an sich der Lenksamkeit; und im Allgemeinen gilt der Erfahrungssatz, daß das schnellste Schiff am besten steuert.

Das todte Werk eines Dampfschiffes, oder derjenige Theil des Gebäudes, welcher über der Wasserlinie liegt, muß gemäß dem allgemeinen Grundsatze der unabhängigen Geschwindigkeit so niedrig als möglich sein, weil es auf diese Weise dem Winde die wenigsten Berührungspunkte darbietet.

Es fragt sich hierbei, ob es nicht zweckmäßig sei, ein Dampfschiff, welches bloß zum Schleppen anderer Fahrzeuge

auf Strömen gebraucht werden soll, so zu bauen, daß es höchstens 3½ Fuß aus dem Wasser hervorrage. Bei der gewöhnlichen Einrichtung der Dampfmaschinen ist dies unmöglich, denn da sie weit mehr Höhe haben, würden sie durch einen Ueberbau vor der Witterung geschützt werden müssen, und dieser würde wieder einen starken Windfang geben. Bei liegenden Cylindern aber und vorzüglich flachen Dampferzeugern könnte eine solche Bauart viele Vortheile haben. Folgendes zeigt die Verhältnisse eines sehr brauchbaren Bughsirboots von 30 Pferdekraft mit niedrigem Bord und flachem Boden:

Länge im Boden 64′, auf dem Deck 70′
Breite im Boden 11′ 6″, größte Breite 12′
Höhe überall gleich 5′ 6″
Eintauchung, wenn leer 1′, mit völliger Ausrüstung 2′
Tragfähigkeit 380 Centner.

Diese Tragfähigkeit wird verwandt auf

1) Kessel nebst Wasser und Schornstein	150	Ctnr.
2) Zwei liegende Hochdruckcylinder nebst Zubehör	40	»
3) Triebvorrichtung	12	»
4) Drei Last Kohlen und 1 Last Holz	144	»
Summa	346	Ctnr.

Rest 34 Ctnr. für Menschen, Lebensmittel, Anker, Tauwerk und andere Geräthschaften.

Ein solches Dampfboot könnte nicht allein zwischen Hamburg und Berlin, wo der Wasserstand fast nie unter 2 Fuß sinkt, mittelst Schleppschiffen eine fortdauernde und schnelle Kommunikation unterhalten, sondern es könnte auch bis Magdeburg und noch höher hinaufkommen. Dieser Fluß hat nämlich auch bei dem niedrigsten Wasserstande sogenannte Rinnen, mittelst welcher nicht zu breite Fahrzeuge auch die seichtesten Stellen in der Regel ohne Mühe überwinden. Ein solches Bughsirboot

von verhältnißmäßig geringen Dimensionen hat außerdem den Vortheil, daß es einen weit größeren Theil seiner ansehnlichen Maschinenkraft auf die Fortbewegung des Schleppschiffes verwenden kann, als ein großes Dampfboot abzugeben vermag. Endlich kann es, wenn seine Masten zum Niederlegen eingerichtet sind, nie die ärgerlichen Zögerungen erfahren, denen die jetzigen großen, zum Schleppen auch in anderer Hinsicht untauglichen Dampfboote bei der Fahrt durch Brücken ausgesetzt sind.

Es ist deutlich, daß ein Flußdampfschiff, welches selbst Reisende und Güter an Bord nehmen und dann mit um so größerer Schnelligkeit befördern soll, ganz andere Dimensionen haben muß, als ein bloßes Bughsirboot. Doch ist auch hier alle Uebertreibung durchaus zu vermeiden. Folgendes sind die Verhältnisse eines Dampfschiffes von 45 bis 50 Pferdekraft mit hohem Bord und flachem Boden, welches bereits von Stapel gelaufen ist und im Sommer seine Fahrten beginnen wird:

Länge im Boden 78′, auf dem Deck 92′
Breite im Boden 13′ 8″, größte Breite 15′ 8″
Höhe vorn und hinten 7′ mit geringem Hang in der Mitte.
Eintauchung, leer, 11″
Wassertracht bei einer Ladung von 1000 Centnern 2′ 6″.
Die Masten sind zum Niederlegen eingerichtet. Siehe Fig. 1.

Ich muß bemerken, daß eine solche Bauart nur für die Elbe und Havel, so wie für die Oder unterhalb Schwedt brauchbar ist. Der ganze mittlere und obere Theil der Oder von Schwedt aufwärts bis Ratibor würde ihrer Anwendung unübersteigliche Hindernisse in den Weg legen. Dieser Strom enthält hier im Sommer an vielen Stellen kaum 1 Fuß 6 Zoll Wasser, so daß selbst die Oderkähne lichten müssen. Die Ursache dieses so äußerst geringen Wasserstandes sind die häufigen, ohne alle Ueberlegung unternommenen Durchstiche, welche

statt die Fahrt abzukürzen, dieselbe unmöglich gemacht haben. Zwar wird jetzt an der Schiffbarmachung des Stromes gearbeitet, aber noch viele Jahre müssen vergehen, ehe sein Wasserstand nur dem der Elbe gleich werden kann. Unterdessen fehlt Schlesien, der durch Produktenreichthum und Gewerbfleiß wichtigsten Provinz des Preußischen Staates, eine schnelle und regelmäßige Verbindung mit der See, ein Mangel, der nicht wenig zu dem gegenwärtigen Verfalle des Schlesischen Handels so wie des von Stettin beigetragen hat.

Allein so natürlich der Wunsch erscheint, daß auch auf der Oder eine zweckmäßige Dampfschifffahrt gegründet werden möchte, und so vortheilhaft sich dieselbe für die Unternehmer beweisen dürfte, so ungemein schwierig ist es, dem Zwecke entsprechende Mittel aufzufinden; denn ein für die mittlere und obere Oder in jeder Jahreszeit brauchbares Dampfboot müßte mit Maschinen, Kohlenbedarf für 3 Tage und der ganzen übrigen Ausrüstung höchstens 1 Fuß 4 Zoll tief im Wasser liegen, nirgend über 12 Fuß breit sein, und dessenungeachtet eine sehr beträchtliche Kraft entwickeln. Indessen ist es doch möglich, ein Fahrzeug zu konstruiren, welches die vorstehenden Bedingungen erfüllt, wenn es nur zum Schleppen anderer Schiffe, nicht aber zum unmittelbaren Transport von Gütern und Reisenden verwandt wird.

Das Schiff muß keineswegs von Eisen, sondern mit Ausschluß des Vorder- und Hintersteeven und der Spannen, wozu Eichenholz genommen wird, ganz von kernigem Fichtenholz erbaut werden. Auch darf es keine Masten und kein Deck haben, sondern nur leichte Schutzdächer von Zinkblech über der Maschinenkammer und den Schlafstellen der Mannschaft. Das Schiff muß mit zwei Maschinen, jede von 15 Pferdekraft versehen sein, welche mit einem Dampfdrucke von wenigstens 6 Atmosphären und mit Expansion arbeiten. Unter diesen Bedingungen reicht für die ganze Maschinerie und 3 Last Kohlen

und 1 Last Holz u. s. w. eine Tragfähigkeit von 354 Centnern hin. Diese wird gewonnen durch

Länge im Boden 80′

Breite im Boden und größte Breite 12′

Höhe 4′ 6″

Eintauchung, leer, 8″

Wassertracht 1′ 4″.

Die Beschreibung der zu einem solchen Dampfboote gehörenden Maschinen und Triebvorrichtungen für die folgenden Abschnitte dieses Aufsatzes versparend, bemerke ich hier noch, daß Bewohner von Stettin, Frankfurt oder Breslau durch das Unternehmen, Dampfboote dieser Art auf der Oder in Anwendung zu bringen, sich selbst eben so sehr als dem Staate nützen würden. Die Bughsirboote und Schleppschiffe möchten den 64 Meilen langen Wasserweg von Breslau nach Stettin stromabwärts in 3 und stromaufwärts in 6 Tagen ohne alle Mühe zurücklegen, und es würden mit ihnen nicht bloß eine große Quantität auf der Oder ein- und auszuführender Waaren versandt werden, sondern auch die meisten derjenigen Güter, welche über Hamburg und Berlin nach Frankfurt gebracht, jetzt dennoch nicht auf der Oder sondern zur Axe nach Schlesien gehen.

Mit ähnlichen Fahrzeugen würde auch auf der Weichsel die Dampfschifffahrt zweckmäßig und vortheilhaft betrieben werden. Nur müßten die Dampfboote wenigstens die Strombahn von Danzig bis Warschau befahren, um fortwährend hinreichende Ladung zu finden.

Auf die Kanäle des Preußischen Staates scheint die Dampfschifffahrt durchaus nicht anwendbar. Diese Kanäle sind nicht so breit und tief, um Seeschiffe tragen zu können, welche vielleicht des Bughsirens bedürfen möchten; und die Flußfahrzeuge helfen sich auf ihnen ohne Mühe fort. Sie sind überdem meistentheils mit vielen Schleusen versehen, welche das Dampfschiff hindern würden, von seiner Schnelligkeit Vortheil zu zie-

hen, und welche noch außerdem dadurch, daß man während des Liegens vor und in ihnen das Heizen der Kessel nicht aussetzen dürfte, die Fahrt außerordentlich vertheuern würden. Nur der Genthiner Kanal, welcher bei einer Länge von 4 Meilen nur 3 Schleusen hat, ließe sich für die Dampfschifffahrt benutzen, wenn diese zwischen Berlin und Magdeburg betrieben werden sollte.

Es bleibt noch übrig, einige Worte über die Bemastung und das Takelwerk der Dampfschiffe zu sagen. Da man annehmen muß, daß im Allgemeinen der Wind einem Dampfschiffe nicht ganz so oft ungünstig als günstig sei, indem es auch jeden Seitenwind benutzen kann, so würde es Verschwendung von Brennstoff sein, wenn man alle Vorrichtungen, sich seiner Kraft zu bedienen, verschmähen wollte. Vielmehr ist Grundsatz, daß jedes Dampfschiff, wenn bei seinen Fahrten nicht ganz besondere Umstände obwalten, mit Masten und Segeln ausgerüstet sein muß. Die zweckmäßigste Takelage für ein nicht zu großes Dampfschiff wird immer die Schoonertakelage sein, denn sie ist ungemein leicht, verursacht wenig Windfang, und ihre Bedienung fordert keine zahlreiche Mannschaft und große Kraftanstrengung. Soll diese Takelage für Flußdampfschiffe angewandt werden, so muß sie nothwendig ganz einfach sein. Die Masten stehen dann auf dem Deck in einem Bocke, mittelst dessen sie niedergelassen werden können, sobald der Wind ungünstig wird, oder das Schiff durch Brükken gehen soll. Sie werden ferner nach hinten und nach den Seiten hin nur durch einige Pardunen, vorn durch ein Stag gestützt. Die beiden Hauptsegel hängen nur an Gaffeln, ohne unten Bäume zu haben, und das Fockstag trägt ein dreieckiges Segel, welches, sobald das Schiff gerade vor dem Winde läuft, nach der Seite hin umgesetzt werden kann.

Anmerkung. Es scheint nicht überflüssig, hier noch einer Vorrichtung zu erwähnen, welche bezweckt, flachen Fahr-

zeugen die Vorzüge eines scharfen Baues zuzuwenden. Sie besteht in den von dem Kapitän, jetzt Admiral Shank erfundenen beweglichen Kielen, a b c Fig. 2., welche beliebig aufgehoben und niedergelassen werden können. Ersteres geschieht, wenn das Fahrzeug über Ufertiefen gehen, letzteres, wenn es am Wind liegen soll. Auch die Schnelligkeit und Sicherheit der Wendungen befördert diese Vorrichtung. Soll das Schiff durch den Wind wenden, so werden b und c aufgehoben, soll es halsen, so bleibt nur c im Wasser. Statt des Kieles a kann man sich auch des mit einem beweglichen Ruderblatte versehenen Steuers Fig. 3. bedienen. Diese Vorrichtung hat für Dampfschiffe mehre wesentliche Vortheile.

II.

Von den Dampfmaschinen und ihrer für die Schifffahrt zweckmäßigsten Konstruktion.

Der zweite und beiweitem der wichtigste Bestandtheil eines Dampfschiffes ist die Dampfmaschine, welche ihm Bewegung giebt. Es ist nicht meine Absicht, hier eine vollständige Abhandlung über Dampfmaschinen zu liefern, sondern ich werde mich darauf beschränken, in möglicher Kürze dem Leser einen deutlichen Bericht über die natürlichen Eigenschaften des Dampfes und über seine zweckmäßigste Verwendung als bewegende Kraft abzustatten.

Der Dampf, welcher als mechanische Kraft verwendet wird, ist ein Produkt von Wasser und Wärme, das heißt, er wird durch die Einwirkung des Wärmestoffs auf das Wasser hervorgebracht. Er ist eine luftähnliche, ungemein elastische, vollkommen trockene, unsichtbare Flüssigkeit. Obgleich nun

Dampf, sobald nur Wasser vorhanden ist, unter jeder Temperatur und in Gegenwart der atmosphärischen Luft sowohl als im luftleeren Raum sich bildet, und obgleich man zur Bildung eines Pfundes Dampf von 0° Temperatur eben so viel Wasser und Wärme aufwenden muß, als zur Erzeugung eines Pfundes Dampf von 50° oder 100° oder 200°, so ist doch die Kraft und mithin die mechanische Wirksamkeit des Dampfes bei jedem Temperaturgrade verschieden, und ebenso die Umstände, welche seine Hervorbringung begleiten.

Dampf von 0° erzeugt sich gleichsam selbst, und leistet einem äußeren Drucke einen kaum bemerkbaren Widerstand. Dampf von 200° dagegen kann nur durch Hülfe eines anhaltenden, sehr lebhaften Feuers in einem fest verschlossenen Raume hervorgebracht werden, und drückt gegen die Wände des Gefäßes mit einer ungeheuren Kraft. Für unseren Zweck ist die Betrachtung der Eigenschaften eines Dampfes, der nicht wenigstens die Temperatur des siedenden Wassers, oder 80° Reaum. oder 100° des Centesimalthermometers hat, vollkommen überflüssig.

Es ist bekannt, daß die atmosphärische Luft auf jeden Quadratzoll der Oberfläche eines festen oder tropfbar flüssigen Körpers mit einem Gewicht von ungefähr 15 Pfund drückt. Gerade den nämlichen Druck übt Wasserdampf von 80° R. oder 100° C. Daher hat man ein Recht, den Dampfdruck nach Atmosphären zu berechnen und zu sagen, dieser Dampf hat die Kraft von 1, 2, 5, 8, 10 Atmosphären. Nach den Versuchen, welche Christian in Paris über die Natur der Wasserdämpfe angestellt hat, wird der Dampfdruck durch jede 22° C. Wärme, über 100° C. verdoppelt, wenn dieser Dampf fortwährend mit Wasser in Berührung bleibt. Solcher mit Wasser gesättigter Dampf hat also bei 122° C. die Kraft von 2, bei 144° C. die Kraft von 4, bei 166° C. die Kraft von 8 Atmosphären. Doch muß bemerkt werden daß diese Verhältnisse nur von gesättigtem Dampfe gelten, und daß sie sich bei noch höherer Temperatur als 166° C., worüber hinaus

keine direkten genauen Versuche reichen, etwas zu verändern scheinen.

Mit dem Drucke eines gesättigten Dampfes steht seine Dichtigkeit, also auch sein Wassergehalt und sein Gewicht in geradem Verhältnisse. Wiegt nämlich ein Kubikfuß Wasser 66 Pfund, so wiegt ein Kubikfuß Dampf von 100° C. nur ungefähr den siebenzehnhundertsten Theil so viel, also $\frac{66}{1700}$ Pfund, also 1,2424 Loth.

Man kann also aus einem Kubikfuß Wasser mittelst Anwendung des gehörigen Wärmequantums an 1700 Kubikfuß Dampf von 100° C. oder von einem der Atmosphäre gleichen Drucke erzeugen, oder kurz, 1 Kubikzoll Wasser giebt ungefähr 1 Kubikfuß Dampf von 100° C.

Setzt man dagegen 1 Kubikfuß Wasser einer größeren anhaltenden Hitze in einem verschlossenen Gefäße aus, so kann man daraus nur etwa 850 Kubikfuß Dampf von 122° C. und von dem doppelten Drucke der Atmosphäre erzeugen. Hier geben also 2 Kubikzoll Wasser 1 Kubikfuß doppelten Dampf, dieser Kubikfuß Dampf wiegt aber $\frac{66}{850}$ oder 2,4848 Loth. Eben so geben 4 Kubikzoll Wasser nur einen Kubikfuß vierfachen Dampf von 144° C. u. s. w.

Daß der Druck des über den Siedepunkt erhitzten Wassers in einem ganz vollen, verschlossenen Gefäße, wo also keine Dampfbildung stattfinden kann, bei jedem Temperaturgrade dem Drucke eines gleich heißen Dampfes gleich komme, kann als gewiß angenommen werden. Es fehlt aber noch an genauen Versuchen über die andern dabei vorkommenden Erscheinungen.

Bisher war, wie bemerkt worden, nur von einem gesättigten Dampfe, oder von einem solchen, der in jedem Augenblicke die seiner Temperatur angemessene Wassermasse in sich aufnehmen kann, die Rede.

Es läßt sich aber auch recht wohl denken, daß ein Dampf

von einem bestimmten Wärmegrade nicht so viel Wasser enthalte, als er vermöge seiner Temperatur in sich aufnehmen kann. Einen solchen Dampf wollen wir einen überhitzten nennen. Hat man z. B. einen Kubikfuß Dampf von 100° C. erzeugt, und man trennt dann mittelst einer Vorrichtung, etwa durch das Schließen eines Hahns, von ihm das Wasser, woraus er gebildet wurde, erhitzt ihn selbst aber bis 122° C., so ist deutlich, daß sein Wassergehalt mit seinem Wärmegehalte nicht mehr in geradem Verhältnisse steht, daß er folglich nur halb so dicht und halb so schwer ist, als gesättigter Dampf von 122° C. Es ist aber die Frage, wie sich unter diesen Umständen der Druck verhalte. Gemäß den bisherigen Erfahrungen über den Druck der Gasarten, wächst derselbe bei jedem ihnen zugeführten Wärmegrade um $\frac{1}{300}$. Ein solcher überhitzter Dampf von 122° C. müßte also auf jeden Quadratzoll um $\frac{22}{300}$ Pfund mehr drücken, als ein gesättigter von 100°; direkte Versuche haben aber gelehrt, daß ein doppelt überhitzter Dampf noch mit ungefähr $\frac{2}{3}$, ein dreifach überhitzter, noch mit $\frac{1}{2}$ der Kraft des gesättigten Dampfes von gleicher Temperatur drückt. Bei sehr hohen Temperaturen scheint indeß dies Verhältniß etwas geringer zu werden.

Da der Dampf eine eben so vollkommene elastische Flüssigkeit ist, wie die Luft, so erfüllt er den ihm überlassenen Raum stets und überall. Hat man z. B. gesättigten Dampf von 122° in einem Gefäße von 1 Kubikfuß Inhalt, und man erweitert durch irgend eine Vorrichtung, etwa durch das Niedergehen eines Kolbens, den Raum zu 2 Kubikfuß, so wird die obige Quantität Dampf auch diesen noch stetig erfüllen. Da er aber nur noch halb so dicht ist, übt er auch nur noch halb so viel Druck gegen jeden Quadratzoll der inneren Oberfläche des Gefäßes, und eben so muß seine Temperatur auf 100° C. fallen, indem sein Druck jetzt nur diesem Wärmegrade entspricht. An sich ist freilich, unter der Voraussetzung, daß die Wände des Gefäßes

gar keine Wärme durchlassen, wie der Wassergehalt und das Gewicht dieses jetzt einen doppelten Raum erfüllenden Dampfquantums, so auch seine Wärmemenge die nämliche geblieben; allein 22° davon sind mittelst der Verdünnung des Dampfes für unser Gefühl und unsere Instrumente unbemerkbar, sie sind latent geworden. Die mechanische Anwendbarkeit dieser Expansionskraft des Dampfes wird sich unten ergeben.

Wenn aber der als mechanische Kraft brauchbare Dampf aus dem Wasser nur durch eine künstliche Wärme erzeugt werden kann, so erscheint es nützlich und selbst nothwendig, zu wissen, wie viel Wärmestoff erfordert wird, um ein gewisses Quantum Dampf hervorzubringen, und auf welche Weise der aus dem Brennmaterial sich entwickelnde Wärmestoff zur Dampfbildung sich am zweckmäßigsten verwenden läßt.

Setzen wir ein offenes Blechgefäß, welches ein Pfund Wasser von 0° enthält, über eine Berzelius'sche Lampe, die als der vollkommenste Heizapparat betrachtet werden kann, so finden wir, daß es $5\frac{2}{3}$mal so viel Brennstoff, also auch $5\frac{2}{3}$mal so viel Wärme bedarf, um dieses Wasser in Dampf von 100° zu verwandeln, als um es zum Kochen zu bringen. Umgekehrt aber kann man mit 1 Pfund Dampf von 100° C. $4\frac{2}{3}$ Pfund Wasser von 0° bis 100° erhitzen, indem man den Dampf hineinleitet; und man hat dann am Ende der Operation $5\frac{2}{3}$ Pfund Wasser von 100°. Es ist also unleugbar, daß 1 Pfund Dampf von 100° wirklich $5\frac{3}{4}$mal so viel Wärme enthält, als 1 Pfund kochendes Wasser, und daß die sogenannte latente Wärme des Dampfes kein bloßer Name ist. Es folgt aber auch eben so sicher, daß alle einer gewissen Quantität siedenden Wassers zugeführte Wärme nur dazu dient, dieses Wasser in eine elastische Flüssigkeit zu verwandeln, und dieser ihre verhältnißmäßig ungeheure Ausdehnung und Spannkraft zu geben.

In einem offenen Gefäße kann das Wasser nicht über

100° erhitzt werden, denn alle ihm mehr zugeführte Wärme dient nur es in Dampf zu verwandeln, und dieser verfliegt in die Luft, weil sein Druck dem dieser letzteren gerade gleich ist. In einem völlig verschlossenen Gefäße aber kann das Wasser und der aus ihm sich entwickelnde Dampf eine immer höhere Temperatur annehmen, so lange Feuer und Gefäß stark genug sind, letzteres, um dem Dampfdrucke zu widerstehen, ersteres, um dem Gefäße stets mehr Wärme zuzuführen, als es an seine Umgebungen verliert. Es giebt aber noch einen dritten, in der mechanischen Benutzung des Dampfes allein wichtigen Fall, nämlich den, daß der Dampf entweder ohne Unterbrechung oder von Zeit zu Zeit durch eine verhältnißmäßig enge Oeffnung ausströmt. Wenn der Dampf fortwährend ausströmt, kann er nicht über $105\frac{1}{2}$° erhitzt werden, sobald die Oberfläche der Oeffnung über $\frac{1}{5200}$ der dem Feuer ausgesetzten Kesselfläche beträgt; nicht über 115°, wenn die Oeffnung gleich $\frac{1}{10500}$ der Kesselfläche; und nicht über 138°, wenn die Oeffnung gleich $\frac{1}{21000}$ der Kesselfläche ist. Die Zeit des Ausflusses steht bei gleicher Feuerung ungefähr im umgekehrten Verhältnisse zu der Größe der Ausflußöffnung.

Da nun die Erzeugung des als mechanisches Bewegungsmittel brauchbaren Dampfes nur mittelst eines großen Aufwandes von Brennmaterial bewirkt werden kann, so muß man dahin streben, den zur Dampfbildung dienenden Apparaten diejenige Einrichtung zu geben, welche der Mittheilung des Wärmestoffs an das Wasser am förderlichsten ist, und zugleich diejenige, welche aus einer bestimmten Quantität Brennmaterial die meiste Wärme entwickelt.

Es ist bekannt, daß die Wärme sich in tropfbaren Flüssigkeiten ungleich mehr durch von unten nach oben gehende Strömungen, als durch Berührung ihrer einzelnen Theile verbreitet. Die einzelnen Wassertheilchen, welche die dem Feuer ausgesetzte Fläche des Kessels berühren, erwärmen sich an die-

ser, werden dadurch leichter, und steigen auf dem möglich kürzesten Wege an die Oberfläche hinauf, während andere Wassertheilchen ihre erste Stellung einnehmen und den Kreislauf fortsetzen. Demgemäß muß im Allgemeinen dasjenige Gefäß, welches die meiste Feuerberührungsfläche hat, und bei welchem die Flamme vorzüglich oder vielmehr allein von unten nach oben wirkt, das zur Dampferzeugung geeignetste sein, wenn man zugleich dafür sorgt, daß den an der Feuerberührungsfläche sich bildenden Dampfbläschen das Aufsteigen an die Oberfläche des Wassers so leicht als möglich werde.

Was die Menge des durch eine gewisse Feuerberührungsfläche zu erzeugenden Dampfes betrifft, so ist diese natürlicher Weise nach der Zweckmäßigkeit des Apparats und der Stärke des Feuers verschieden. In den vorzüglichsten Dampferzeugern kann man mittelst 3 □' Feuerfläche in jeder Minute ein Pfund Wasser verdampfen oder 25¾ Kubikfuß einfachen Dampf erzeugen. Man wird aber wohlthun, bei jeder wirklichen Maschine wenigstens 4 bis 4½ □' Feuerfläche für jedes in einer Minute mit dem besten Apparat zu verdampfende Pfund Wasser zu rechnen. Die gewöhnlichen Dampfkessel brauchen 6 bis 7 □' Feuerfläche oder selbst noch mehr, um in einer Minute 1 Pfund Wasser zu verdampfen.

2) Da nun der Dampf unter allen Umständen einen seiner Temperatur und Dichtigkeit angemessenen Druck auf feste sowohl als tropfbar flüssige Körper ausüben kann, so ist deutlich, daß die Arten, ihn als bewegende Kraft zu gebrauchen, und folglich auch die Vorrichtungen zu diesem Gebrauche, die Dampfmaschinen, äußerst mannigfaltig sein können.

Es liegt aber keineswegs in meiner gegenwärtigen Absicht, alle jemals erdachten oder ausgeführten Dampfmaschinen aufzuzählen und zu beschreiben, sondern nur die Aufmerksamkeit des Lesers auf diejenigen derselben zu lenken, welche in der Dampfschifffahrt am zweckmäßigsten angewandt werden.

Die

Die Dampfmaschinen bestehen sämmtlich aus einem Dampf-erzeuger, gewöhnlich Kessel genannt, und aus einem mit diesem verbundenen Apparate, welcher dient, den Druck der erzeugten Dämpfe zu empfangen und ihn als bewegende Kraft fortzupflanzen. Je nachdem der Druck des erzeugten Dampfes dem Drucke einer oder mehrer Atmosphären gleich ist, unterscheiden sie sich in Maschinen von niedrigem Drucke (low pressure engines) und in Maschinen von hohem Druck (high pressure engines). Wir wenden uns zunächst zu der Beschreibung einer Maschine von niedrigem Drucke nach dem System des J. Watt.

Der Dampferzeuger einer solchen Maschine, wenn sie auf einem Fahrzeuge gebraucht werden soll, ist in der Regel ein viereckiger, oben gewölbter, selten ein cylindrischer Kessel von starkem Eisenblech, der sich überall dampfdicht verschließen läßt. An einer Seite nahe dem Boden befindet sich die mit Rosten versehene Feuerung, und unter ihr das Aschenloch, welches ihr die zum Verbrennen der Kohlen und des Holzes nothwendige Luft zuführt. Die Verlängerungen der Feuerung, die Züge, werden etwa 2 Zoll hoch über dem Boden des Kessels so herumgeführt, daß sie denselben überall gleichmäßig erhitzen, und endigen sich in einen gerade durch den Deckel aufsteigenden Schornstein. Diese Züge sind aus eben so starkem oder, weil sie mehr der Zerstörung unterworfen sind, aus noch stärkerem Blech dampfdicht zusammengenietet, und in ihrem Umfange rund oder viereckig.

Der Kessel wird durch eine Pumpe so weit mit Wasser gefüllt, daß dies die Züge wenigstens 2 Zoll hoch bedeckt, und er hat mehre Vorrichtungen, theils um den Rand des Wassers zu beobachten, theils auch wohl, um eine stete mechanische Nachfüllung zu bewirken. Ferner ist er mit einem sogenannten Sicherheitsventile versehen, einer Klappe, die mittelst eines Hebels mit so viel Pfund für jeden Quadratzoll ihrer Oberfläche be-

lastet ist, als der Druck des Dampfes den der Atmosphäre übersteigen soll. Dieses Ventil dient vorzüglich, dem nicht verbrauchten Dampfe beim Stillstande der Maschine einen Abfluß zu öffnen; und sodann auch, zu verhüten, daß der Dampf im Kessel eine zu hohe Spannung annehme. Endlich befindet sich im Deckel des Kessels das Mannloch, welches den Arbeitern bei vorkommender Gelegenheit einen Eingang in das Innere darbietet, und das Dampfrohr, welches den Dampf zur eigentlichen Maschine leitet.

Diese letztere besteht zunächst aus dem an beiden Enden verschlossenen Dampfcylinder A (Fig 4), in welchem sich ein dampfdicht schließender, mit Hanfflechten verpackter Kolben auf und nieder bewegen läßt. Um durch den Dampf diese Bewegung des Kolbens zu bewirken, ist zuvörderst nothwendig, daß er bald unter bald über denselben geleitet werde, und dies geschieht, indem mittelst der Stange a, des Winkelhebels b, der Excenterstange c und der excentrischen Scheibe d das Schiebventil e bald der obere Kanal 1 bald der untere 2 dem aus o einströmenden Dampfe geöffnet wird. Da aber dieser letztere in seiner Spannung der Atmosphäre gleich ist, oder sie höchstens um ein ganz Geringes übertrifft, so ist deutlich, daß man den bereits gebrauchten Dampf nicht unmittelbar in die Luft treten lassen darf; man muß vielmehr dafür sorgen, daß so wie der frische Dampf auf die eine Seite des Kolbens zu drücken beginnt, auf der entgegengesetzten ein so viel als möglich von Luft und Dampf freier leerer Raum sei. Man bewirkt dies durch das Gefäß B, welches mittelst des Schiebventils stets den gebrauchten Dampf in sich aufnimmt und durch eingespritztes kaltes Wasser verdichtet.

Dieser Kondensor aber wird wieder von dem eingespritzten Wasser, so wie von demjenigen, welches früher Dampf war, und von der aus dem Wasser sich absondernden Luft durch die Luftpumpe C geleert.

Die von dem Dampfe einerseits und von der Luftleere anderseits bewirkte Bewegung des Kolbens D wird durch die Kolbenstange f, welche bei g durch eine luftdichte Stopfbüchse geht, ferner durch den Queerbaum h und die Nebenstangen ii den beiden Wagebalken oder Balanciers E mitgetheilt, deren einer an jeder Seite des Cylinders und der Luftpumpe liegt. Die Balanciers, auf dem Zapfen F ruhend, bewegen wiederum die Kurbelstange k und die Kurbel l, welche dann ihre rotirende Bewegung auf die zum Treiben des Schiffes dienende Vorrichtung fortpflanzt. Auf der Kurbelwelle sitzt auch die oben erwähnte excentrische Scheibe und mit den Balanciers ist die Speisungspumpe m verbunden, so daß alle für den Gang der Maschine nöthigen Vorrichtungen durch diese selbst besorgt werden.

Daß eine solche Maschine einen bedeutenden, auf Schiffen so ungemein kostbaren Raum einnimmt, und daß sie ein sehr ansehnliches Gewicht hat, ist an sich deutlich. Soll die Maschine nur 24 Pferdekraft haben, oder in jeder Minute 24mal 33000 Pfund 1 Fuß hoch heben können *), so muß sie einen Cylinder von 26″ Durchmesser haben. Der Kolben muß eine Geschwindigkeit von 180 Fuß in der Minute haben, und der Kessel in dem nämlichen Zeitraume wenigstens 663,66 Ku-

---

*) Es ist mir bekannt, daß jetzt die Englischen und mit ihnen die Deutschen Maschinenbauer eine Pferdekraft höchstens zu 30000 Pfund in der Minute 1 Fuß gehoben anschlagen, und demgemäß die Kessel und Cylinder einrichten. Diese Oekonomie ist aber für diejenigen, welche die Maschinen gebrauchen wollen, höchst nachtheilig. — Denn einmal setzen alle Berechnungen über die Kraft einer Maschine ihren vollkommensten Zustand voraus, der in der Praxis nur in einzelnen Momenten sich erreichen läßt, und sodann wird eine solche zu schwach konstruirte Maschine gerade dann unbrauchbar, wenn man einer größeren Kraftäußerung am meisten bedarf. Watt schlug daher eine Pferdekraft stets zu 33000 Pfund an, und berechnete den nutzbaren Effekt seiner Maschinen höchstens auf 7 Pfund für jeden Quadratzoll der Kolbenoberfläche. Farey, on the steam-engine. London 1829. 4.

bikfuß einfachen Dampf erzeugen. Setzen wir nun, daß 6 Quadratfuß Feuerfläche in einer Minute 1 Pfund Wasser verdampfen, oder 25,7575 Kubikfuß Dampf geben, so muß der Kessel einer Maschine von 24 Pferdekraft wenigstens 132 Quadratfuß Feuerfläche haben. Nun darf aber bei Kesseln mit inwendiger Feuerung nur die obere Fläche der Züge als vollkommen, die untere dagegen und die Seitenflächen als zur Hälfte wirksam berechnet werden; und der Kessel der in Rede stehenden Maschine muß demgemäß, wenn die obere Fläche der Züge 2 Fuß breit ist, wenigstens 19 Fuß lang, 5 Fuß breit und eben so hoch sein. Die Fläche der Rosten muß 18 Quadratfuß, oder $\frac{3}{4}$ Quadratfuß für jede Pferdekraft betragen. Wie stark ein solches Gefäß mit seiner gehörigen Wassermenge den Raum und die Tragbarkeit eines Flußfahrzeugs in Anspruch nehmen muß, ist eben so deutlich, als es gewiß ist, daß die meisten jetzt in England und Deutschland gebauten Maschinen in Hinsicht ihrer Dampferzeugungsapparate den von Watt und Boulton selbst gefertigten weit nachstehen.

Auch der bei Maschinen von niedrigem Drucke bisher für unentbehrlich gehaltene Kondensor und die Luftpumpe nehmen viel Raum ein und belasten das Fahrzeug; sie sind außerdem die Ursach, daß die Maschine als sehr komplicirt leicht in Unordnung geräth, und im Verhältnisse zu ihren Dimensionen so geringe nutzbare Kraft äußert.

Unter diesen Umständen würde es unerklärlich sein, warum man auf den meisten Europäischen Dampfschiffen noch immer Maschinen von niedrigem Drucke gebraucht, und statt nach wirklichen Verbesserungen zu streben, sich begnügt, unwesentliche Einzelnheiten zu verändern, wenn man diese Maschinen nicht für allein gefahrlos hielte. Da die Furcht vor Gefahr überdem eine Hauptursach der niedrigen Stufe der Vollkommenheit ist, welche die Dampfschifffahrt noch in unserem Staate einnimmt, so sei es mir erlaubt, hier über diesen Ge-

genstand die Resultate desjenigen zusammenzustellen, was Theorie und Erfahrung darüber ermittelt haben.

Die erste Ursach, welche das Springen eines Dampfkessels veranlassen kann, ist die übermäßige Belastung des Sicherheitsventils. Nehmen wir an, das Sicherheitsventil einer Maschine von niedrigem Drucke solle, wie dies gewöhnlich ist, mit 4 Pfund für jeden Quadratzoll seiner Oberfläche beschwert werden, und der Kessel sei so stark gebaut, daß er einem Drucke von 16 Pfund ohne Mühe widerstehen könnte. Hätte nun das Ventil nur seine gewöhnliche Belastung, oder überhaupt nur weniger als 16 Pfund für den Quadratzoll, so ist deutlich, daß der Kessel durch Ueberladung nicht springen könnte. Denn würde auch das Feuer noch so sehr verstärkt, so müßte der Dampf doch jedesmal entweichen, sobald er einen das Gewicht des Ventils übersteigenden Druck zu üben anfinge. So wird sich die Sache verhalten, wenn der Kessel geheizt wird, während die Maschine in Ruhe ist; wird sie aber in Gang gesetzt, und strömt folglich der Dampf in den Cylinder, so wird der Druck des Dampfes sich augenblicklich so weit ermäßigen, bis er sich mit den Verhältnissen der Feuerfläche zur Oeffnung des Abflußrohrs ins Gleichgewicht gesetzt hat. Es ist in der That lächerlich, und kann nur als ein Beweis der größten Unkenntniß gelten, wenn Jemand von der Ueberladung des Sicherheitsventils einer gewöhnlichen Englischen und Deutschen im Gange befindlichen Dampfmaschine Gefahr fürchtet. Diese Maschinen, weit entfernt zuviel Dampf zu haben, sind in der Regel beiweitem nicht hinreichend für den wirklichen Gebrauch damit versehen, so daß es in Hinsicht auf Ueberladung während des Ganges ziemlich gleichgültig erscheint, ob das Ventil mit 4 oder mit 40 Pfund für den Quadratzoll beschwert ist. Bei Hochdruckmaschinen, welche im Allgemeinen immer mit wirksameren Dampferzeugern versehen sind, und die mit einem Drucke von wenigstens 3 Atmosphären arbeiten,

scheint aus der Ueberladung des Ventils eher Gefahr entstehen zu können. Wenn man aber den Kessel einer Maschine, deren Ventil gewöhnlich mit 30 Pfund für jeden Quadratzoll beschwert ist, so baut, daß er einem Drucke von 90 bis 100 Pfund bequem widerstehen kann, und daß die Dimensionen der Rosten und der Züge dem gewöhnlichen Dampfdrucke entsprechen, so ist Gefahr durch Ueberladung kaum denkbar, die Maschine mag in Bewegung sein oder nicht. Ueberhaupt ist gewiß, daß Furcht vor einer richtig konstruirten und nicht ganz verwahrloseten Hochdruckmaschine noch viel unnöthiger ist, als vor Wattschen Maschinen. Die ersteren verhalten sich zu diesen, wie z. B. Brücken, die zum Uebergange von Wagen und Geschütz dienen sollen, zu bloßen Laufbrücken. Beide können brechen, aber die Verschiedenheit der Konstruktion läßt mit Zuversicht voraussetzen, daß die Laufbrücke weit eher einer Ueberladung erliegen wird. Der Ueberladung des Sicherheitsventils steht seine Unbeweglichkeit aus anderen Ursachen gleich. Es ist möglich, daß die Unvorsichtigkeit des Maschinenwärters fremdartige Gegenstände auf das Ventil wirft, oder daß es bei großer Hitze des Kessels sich an sein Lager anklemmt. Dies könnte allerdings beim Stillstande der Maschine Gefahr bringen; es ist aber dann gerade gar nicht zu besorgen, weil der Wärter das Ventil öfters heben wird, um zu wissen, ob der Dampf bald den gehörigen Druck habe, und die Maschine in Gang gesetzt werden dürfe, oder auch, um den mit Luft vermischten Dampf fliegen zu lassen.

Obgleich also Ueberladung und Unbeweglichkeit des Sicherheitsventils nur in ungemein seltenen Fällen Gefahr besorgen lassen, und in noch selteneren sie wirklich veranlassen, so ist es doch nicht bloß rathsam, sondern die dringendste Pflicht für jeden Aufseher einer Dampfmaschine, mit dem Sicherheitsventile vorsichtig umzugehen, und nichts zu unternehmen, was Ueberladung oder Unbeweglichkeit desselben bewirken, oder ihr

in seinen Folgen gleich sein könnte. Er wird dies schon darum vermeiden, weil es, abgesehen von aller Gefahr, auf die Maschine selbst nachtheilig wirkt. Da nämlich jede gute Maschine auf einen gewissen Dampfdruck berechnet und diesem gemäß konstruirt ist, so kann man ihn nicht ansehnlich verstärken, ohne zugleich eines ihrer Prinzipien anzugreifen. Eine solche übermäßig angestrengte Maschine giebt im Verhältniß zu dem aufgewandten Brennstoffe stets einen sehr geringen nutzbaren Effekt; und ihr Dampferzeuger sowohl als das arbeitende Zeug ist einer schnellen Abnutzung unterworfen.

Als eine zweite und zwar sehr wirksame Ursach des Springens der Dampferzeuger wird die Ueberhitzung derselben angesehen. Die Bemerkungen nämlich, welche man bei diesen traurigen Ereignissen trotz ihrer Furchtbarkeit zu machen Gelegenheit fand, haben gezeigt, daß der Stand des Wassers im Kessel vor dem Unfalle in der Regel viel zu niedrig war, um die oberen Flächen der Feuerzüge gehörig zu bedecken. Man sah außerdem, wo man dies nicht beobachten konnte, die Maschine kurz vor der Explosion einen merklich langsameren Gang annehmen; und beide Erscheinungen gaben Veranlassung zu folgenden Schlüssen: Wenn die Maschine, ohne daß ihre Theile in Unordnung gerathen sind, die Last vermehrt oder das Feuer vermindert ist, ungewöhnlich langsam arbeitet, so muß dies einer Verminderung der Feuerberührungsfläche, also einer Verminderung der Dampferzeugung zugeschrieben werden. Diese Verminderung kann aber nur dadurch bewirkt werden, daß das Wasser im Dampfkessel zu niedrig steht, um die oberen Flächen der Züge, welche für die Dampfbildung gerade am geeignetsten sind, gehörig zu bedecken. Sind nun diese Flächen längere Zeit von Wasser entblößt, so müssen sie durch die stete Einwirkung des Feuers glühend werden, und wenn nun entweder durch eine starke Injektion oder durch eine beträchtliche Schwankung das Wasser über diese glühenden Flächen geführt

wird, muß sich plötzlich eine ungeheure Menge hochdrückenden Dampfes entwickeln, den weder die Maschine verarbeiten, noch das Sicherheitsventil schnell genug ableiten kann, und der daher den auf so ungeheuren Druck nicht eingerichteten Kessel nothwendig sprengen muß.

Dieses Raisonnement hat in der That einen nicht geringen Schein von Wahrheit, steht aber dessenungeachtet nicht bloß mit sich selbst, sondern auch mit den Eigenschaften des Dampfes und mit der Erfahrung im Widerspruche. Denn

1. Gesetzt die oberen Flächen der Züge werden von Wasser entblößt, so stehen sie doch immer noch mit dem über ihnen schwebenden Dampfe in Berührung. Sie erhitzen folglich diesen, wie sie das Wasser erhitzen würden; und da jeder Dampf, so lange er überhaupt noch mit einigem Wasser in Berührung bleibt, von diesem letzteren so viel in sich aufnimmt, als er vermöge seiner Temperatur aufnehmen kann, so ist nicht einzusehen, warum jetzt gerade weniger Dampf von der gewöhnlichen Spannung erzeugt werden, die Maschine also merklich langsamer gehen müßte. Ich selbst habe zwei Fälle erlebt, wo zu wenig Wasser in einem guten, für niedrigen Druck gebauten Kessel sich befand. Das erste Mal dauerte dieser Mangel an Wasser volle 30 Minuten. Die Maschine machte während dieser Zeit zwar nur 28 bis 30 Doppelhübe in der Minute statt der 33, welche sie sonst zu machen gewohnt war; allein diese verminderte Geschwindigkeit hatte ihren Grund in der Anwendung eines früher noch nicht versuchten Brennmaterials. Der zweite Fall ereignete sich bald darauf. Die Maschine arbeitete eine gute Viertelstunde, und als am Ende derselben der Deckel des Mannlochs aufgenommen wurde, zeigten sich die oberen Flächen der Züge ganz vom Wasser entblößt, ohne jedoch im Geringsten glühend zu sein. Die Maschine hatte im Anfange dieses Zeitraums trotz des sehr ansehnlich vermehrten Widerstandes ungemein kräftig gearbeitet;

späterhin aber ging sie langsamer, weil fortwährend kaltes Wasser in den Kessel gepumpt wurde. Daß aber schon im Anfange zu wenig Wasser im Kessel war, geht unwiderleglich daraus hervor, daß der Kessel binnen einer Viertelstunde gar nicht so viel Wasser verdampfen kann, als er verdampft haben müßte, um ungeachtet der späteren Nachfüllung das Wasser so weit unter das Niveau der Züge fallen zu lassen. — Diese direkten Erfahrungen, glaube ich, berechtigen zu dem oben von der Natur der Sache hergeleiteten Schlusse, daß wenn die oberen Flächen der Züge nicht von Wasser bedeckt sind, dies keinen wesentlichen Einfluß auf die Dampfbildung äußern kann. Hat man also vor dem Springen eines Dampfkessels zugleich Mangel an Wasser und einen langsameren Gang der Maschine beobachtet, so ist dieser letztere aus einer dem ersteren wenn nicht ganz fremden, doch nicht unmittelbar verwandten Ursache herzuleiten.

2. Untersuchen wir nun, wie lange es dauern muß, bevor die Züge eines Dampfkessels glühend werden. Anfänglich sollte man glauben, daß bei der Hitze, welche die Feuerung eines Dampfkessels den oberen Flächen der Züge mittheilt, dies gar keine lange Zeit erfordern müßte. Allein die bereits oben mitgetheilten Erfahrungen zeigen, daß eine Viertelstunde nicht hinreicht; und die Theorie muß diesen Zeitraum noch bedeutend verlängern; sie muß behaupten, daß kein Theil der Züge glühend werden kann, ehe der letzte Tropfen Wasser verdampft ist. Es ist gewiß, daß alle dem Kessel über 100° C. mitgetheilte Wärme nur dazu dient, das in ihm befindliche Wasser zu verdampfen, und eben so, daß der Dampf, so lange er mit Wasser in Berührung ist, von diesem so viel aufnimmt, als er bedarf, um sich bei seiner jedesmaligen Temperatur zu sättigen. Gesetzt nun, alle Flächen der Züge sind schon von Wasser entblößt, und nur auf dem Boden des Kessels befindet sich noch eine dünne Schicht dieses letzteren, so wird alle Hitze

der Züge über der Temperatur des mit ihnen kommunicirenden Dampfes in diesen übergehen, und der Dampf wird wiederum so viel Wasser in sich aufnehmen, als er vermöge seiner erhöheten Temperatur aufnehmen kann. Es wird folglich kein Ueberschuß von Wärme in den Zügen bleiben, der hinreichend wäre, diese zum Glühen zu bringen. Die Züge eines Dampfkessels mit gewöhnlicher Feuerung können also eben so wenig glühend werden, so lange überhaupt noch Wasser im Kessel ist, als sie glühend werden können, während sie vom Wasser bedeckt sind. Daß dies wirklich der Fall sei, finden wir an mehren Dampferzeugern bestätigt. So besteht z. B. die Feuerung des von Stephenson erbauten Dampfwagens Northumbrian aus zwei Cylindern, deren einer in dem andern steckt. Der 3 Zoll weite Zwischenraum beider ist nur unten mit Wasser, oben aber, wo gerade die Stichflamme wirkt, mit Dampf erfüllt, und doch hat man nie bemerkt, daß der obere Theil des innern Cylinders glühend geworden wäre, obgleich die Maschine mit hohem Drucke arbeitet, und das Feuer durch eine Art Gebläse verstärkt wird. Erst von dem Augenblicke an, wo der letzte Tropfen Wasser im Kessel verdampft, wird die den Zügen zugeführte Wärme nicht mehr zur Dampfbildung benutzt; erst jetzt also kann sie dienen, die Züge glühend zu machen. Von jetzt an beginnt in der That die Gefahr, und die Explosion wird unvermeidlich in dem Augenblicke erfolgen, wo zuerst wieder eine nicht zu geringe Quantität Wasser in den Kessel gebracht wird. Erklären wir dies an dem Beispiele einer Maschine von niedrigem Drucke und von 24 Pferdekraft.

Der Kessel sei ganz ohne Wasser, nur mit 300 Kubikfuß Dampf erfüllt, der, da die Züge bereits an mehren Stellen zu glühen beginnen, eine Temperatur von wenigstens 200 Grad hat, und der dessenungeachtet in der Maschine nur schwach wirkt, weil er in jeder Sekunde durch einen Verbrauch von 11 Kubikfuß ansehnlich verdünnt wird. Jetzt beginnt die Spei-

sungspumpe zuerst wieder Wasser einzuwerfen, und zwar anfänglich um so schneller, da der sehr verdünnte Dampf dem eindringenden Wasser nur geringen Widerstand entgegensetzt. Dieses Wasser wird augenblicklich in Dampf verwandelt, dieser nimmt eben so schnell eine höhere Spannung an, und wenn der Kessel binnen 9 Sekunden 100 Kubikzoll Wasser empfangen hat, wird in der zehnten die Explosion erfolgen, weil dann der Kessel mit einem Dampf erfüllt ist, der sich zwar immer noch nicht mit Wasser gesättigt hat, aber wegen seiner ungeheuren Hitze doch schon einen Druck von wenigstens 3 Atmosphären oder 45 Pfund auf jeden Quadratzoll ausübt.

Auf diese Weise scheint vor mehren Jahren ein Amerikanisches Dampfboot verunglückt zu sein, dessen Kessel sprang, nachdem es längere Zeit in einer hohlen See herumgeworfen worden war. Daß bei einer so heftigen und unregelmäßigen Bewegung der Speisungsapparat, besonders wenn er aus einem sogenannten Regulator bestand, vielleicht eine Stunde hindurch seine Dienste versagte, ist eben so wahrscheinlich, als daß die Mannschaft, welche mit der Bekämpfung des Sturmes beschäftigt war, den Mangel an Wasser nicht eher bemerkte, als bis die Wahrnehmung und das unmittelbar darauf folgende Einpumpen von Wasser, statt die Gefahr abzuwenden, dieselbe nothwendig herbeiführen mußten.

Wenn aber auch hier die genauere Untersuchung nur beruhigende Ergebnisse liefert, so ist doch das Sinken des Wassers unter seinen Normalstand auf jede Weise und durchaus zu vermeiden. Denn abgesehen von der unvermeidlichen Gefahr, welche mit dem gänzlichen Mangel an Wasser verbunden ist, so wirkt schon ein theilweiser höchst nachtheilig auf die Haltbarkeit des Kessels, indem er die Oxydation des Metalls der Züge ungemein befördert, und, mehrmals wiederholt, leicht das Eindrücken dieser letzteren, und somit die gänzliche Zerstörung des Kessels bewirkt. Man sollte daher nicht bloß dem

Aufseher die größte Sorgfalt zur Pflicht machen, sondern auch die Speisungsapparate so bauen, daß sie es ihm gestatten, diese Pflicht unter allen Umständen zu erfüllen. Demgemäß sollten auf Schiffen alle künstlichen Speisungsapparate durch Regulatoren und dergleichen vermieden und selbst polizeilich verboten werden, weil sie zu leicht in Unordnung gerathen, und dann ihre Dienste ganz versagen. Man sollte sich vielmehr mit einer einfachen, aber höchst sorgfältig gebauten Druckpumpe begnügen, und zugleich das ihr zugeführte Wasser durch mehre Siebe laufen lassen, um es von allen fremdartigen Theilen so viel als irgend möglich zu reinigen. Würde aber trotz aller Vorsicht ein zu niedriger Stand des Wassers im Kessel bemerkt, so darf man unter keiner Bedingung demselben mehr Wasser zuführen, sondern man muß die Maschine so lange als möglich im Gange erhalten, während man das Feuer durch jedes Mittel, nur nicht durch Aufgießen von Wasser zu löschen bemüht ist. — Daß übrigens ein Dampferzeuger, welcher aus Röhren, die inwendig mit Wasser erfüllt, auswendig vom Feuer umspielt sind, zweckmäßig zusammengesetzt worden, bei weitem weniger Gefahr besorgen läßt, als ein gewöhnlicher Dampfkessel, ist an sich deutlich; und die Gefahr ganz zu vermeiden, dient eine von mir erfundene Einrichtung der Hochdruckmaschinen, welche es möglich macht, einen Dampf, welcher im Erzeuger mit nicht ganz 5 Atmosphären drückt, auf den Kolben mit einer Kraft von 8 Atmosphären wirken zu lassen.

Es muß noch erwähnt werden, daß Manche das Springen der Dampfkessel einer Anhäufung und späteren Entzündung von Knallgas in ihrem Inneren zuschreiben. Es ist allerdings möglich, daß bei einer fortwährenden Verdampfung des nämlichen Wassers, wie diese bei einigen nach dem System des berühmten Oliver Evans gebauten Maschinen statt findet, ein Theil desselben in seine Bestandtheile zersetzt werden kann. Es ist ferner nicht unglaublich, daß mit Hülfe des zur Verdich-

tung des Kessels angewandten Eisenkittes das in den Bergwerken mit Recht so gefürchtete Kohlenwasserstoffgas sich erzeugt: es ist aber keineswegs erwiesen, daß jemals ein Dampfkessel durch eine Gasexplosion gesprengt worden sei.

Im Allgemeinen aber ist die Gefahr, welche der Gebrauch einer Dampfmaschine darbietet, ohne Zweifel ungleich geringer als die, welcher man sich bei der Benutzung von Pferden zur Fortbewegung aussetzt. Nur eine Reihenfolge der gröbsten Nachlässigkeiten höchstens kann Dampfmaschinen gefährlich machen, und wenn man erwägt, wie unvorsichtig man oft mit ihnen umgeht, so ist nichts mehr geeignet Verwunderung zu erregen, als die in der That große Seltenheit der durch sie veranlaßten Unfälle. Ueber das Material zu den Dampfkesseln erlaube ich mir, die Vorschrift zu geben, daß alle größeren Gefäße aus Eisen- oder Kupferblech, alle kleineren, dem Feuer unmittelbar ausgesetzten, aus weichem Gußeisen bestehen sollten. —

Wir wenden uns jetzt zu den Hochdruckmaschinen. Diese unterscheiden sich, wie bemerkt worden, dadurch sehr wesentlich von den Maschinen mit niedrigem Drucke, daß sie einen Dampf erzeugen und benutzen, dessen Druck den der Atmosphäre mehrfach übertrifft. Was zunächst die Erzeugung eines Dampfs von mehren Atmosphären betrifft, so ist an sich deutlich, daß sie nur in einem oder mehren starken Gefäßen mit Sicherheit und Erfolg bewirkt werden kann. Man baut daher die Kessel der Hochdruckmaschinen in der Regel cylindrisch, mit abgerundeten Ecken, oder man setzt sie aus mehren engeren oder weiteren Röhren zusammen. Cylindrische Kessel, welche einem hohen Drucke mit Sicherheit und auf die Dauer widerstehen sollen, dürfen nicht über $2\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser halten, und müssen aus weichem, wenigstens $\frac{3}{8}$zölligem Eisenblech mittelst starker und sorgfältiger Vernietung zusammengefügt werden. Kupferblech, welches ein gleichmäßigeres Gefüge hat, darf etwas schwächer sein; gußeiserne Kessel dagegen müssen wenig-

stens $1\frac{3}{4}$ bis 2 Zoll Eisenstärke haben, und vor dem Gebrauche mittelst einer Druckpumpe probirt werden, damit man sich überzeugt, daß der Guß keine Blasen oder sonst unzuverlässige Stellen habe. Es ist aber nicht zweckmäßig, die Feuerung innerhalb solcher Kessel anzubringen; und noch weniger empfehlenswerth sind die geraden, durch den Kessel gehenden Feuerröhren, welche man hiesigen Ortes an einigen Dampfmaschinen bemerkt. Diese Feuerröhren nämlich erhitzen sich weit mehr als die meisten übrigen Theile des Kessels, haben aber keinen Raum, um sich ihrer Temperatur gemäß ausdehnen zu können, und veranlassen daher an den beiden Enden, wo sie in den Kessel eingefügt sind, ein der Haltbarkeit des Ganzen nachtheiliges Drängen. Uebrigens versteht sich von selbst, daß man, um z. B. in jeder Sekunde 2 Kubikfuß vierfachen Dampf zu erzeugen, die Feuerberührungsfläche viermal so groß machen muß, als erfordert wird, um mit nicht stärkerem Feuer 2 Kubikfuß einfachen Dampf hervorzubringen.

Diese letzte Bemerkung hat darauf hingeleitet, statt der einfachen cylindrischen Kessel ein System von Röhren zur Dampfbildung zu benutzen. Solche Röhrenkessel sind besonders vortheilhaft, weil sie eine ungemein beträchtliche Feuerberührungsfläche darbieten, also viel Raum sparen, weil stets nur wenig Wasser in ihnen vorhanden ist, und weil eine Explosion bei ihnen fast zu den Unmöglichkeiten gehört. Sie müssen aber, um ihrem Zwecke vollkommen zu entsprechen, folgende Eigenschaften haben:

1. Die inneren Oeffnungen müssen nicht zu enge sein, und sie müssen auf dem kürzesten Wege mit einander communiciren, damit der Dampf, wie und wo er sich bildet, schnell in den Dampfsammler, am besten ein horizontal liegendes cylindrisches Gefäß, aufsteigen, und sich leicht vom Wasser absondern kann.

2. Jeder Röhre muß stets so viel Alimentationswasser zugeführt werden, als sie vermöge ihrer Lage verdampfen kann.

3. Die Röhren müssen, zur möglich besten Benutzung des Feuers, einen regelmäßigen, hinreichend langen Zug bilden; und das Feuer muß von unten nach oben auf sie wirken.

4. Das ganze System muß sich in der Hitze nach allen Richtungen hin frei ausdehnen können.

Ein solches Röhrensystem, dessen Einrichtung ich aber jetzt noch nicht genauer angeben darf, wird im Laufe dieses Sommers auf einem Dampfboote angewendet werden, und bei nicht mehr als 6 Fuß Breite und Höhe und 9 Fuß Länge für den Bedarf zweier Hochdruckmaschinen, deren jede mit 25 Pferdekraft arbeiten kann, hinreichenden Dampf erzeugen.

Als eine eigenthümliche Art von Röhrenkessel kann der von Perkins früher angewandte Dampferzeuger betrachtet werden. Er besteht aus mehren Lagen sehr starker Röhren a. a. Fig 5, deren jede mit der ihr zunächst liegenden der nämlichen Lage durch ein starkes Knie einmal verbunden ist, und wo die letzte der oberen Lage mit der ersten der unteren so kommunicirt, daß der sich bildende Dampf durch alle Röhren jeder Lage hindurch gehen muß, ehe er in den senkrechten Recipienten oder Sammler b gelangt. Nur die Röhren der beiden oberen Lagen werden durch eine Druckpumpe mit Wasser erfüllt. Bei c ist ein Ventil, eine sogenannte Druckklappe (pressure valve), welche das Wasser nicht eher in die unteren Röhren entweichen läßt, als bis es so erhitzt ist, daß es einen Druck von 35 Atmosphären oder 525 Pfund auf den Quadratzoll ausübt. So wie aber das Wasser die hinreichende Kraft erlangt hat, hebt es die Druckklappe, und ein Theil desselben entweicht in die unteren rothglühenden Röhren, wo es sich augenblicklich in Dampf verwandelt.

Dieser Dampf dringt in den unteren, mit Wasser versehenen Theil des Recipienten, sättigt sich hier, indem er in den

oberen Raum aufsteigt, und gelangt von dort durch das Abflußrohr d zum Cylinder. —

Perkins bediente sich dieses Generators, um Dampf von sehr hoher Spannung mit vollkommener Sicherheit zu erzeugen, und suchte dabei zugleich die Vortheile zu erlangen, welche die Hervorbringung eines überhitzten, nachher sich sättigenden Dampfes gewährt. Dies Letztere aber vermochte er nicht, denn einmal zeigte sich die Druckklappe als ein sehr unvollkommener Regulator des in Dampf zu verwandelnden Wassers, und sodann hatte er in dem Generator stets ungleich mehr Druck als im Cylinder auf der Kolbenfläche, so daß seine Maschine nie dasjenige leistete, was sie, nach der Belastung des Sicherheitsventils e zu urtheilen, hätte leisten müssen.

So wie der Dampferzeuger, so und noch weit mehr unterscheidet sich das arbeitende Zeug einer Hochdruckmaschine von dem einer Maschine mit niedrigem Drucke. Der Cylinder der ersteren hat, da die absolute Kraft der Maschine gleich dem auf die Kolbenfläche wirkenden absoluten Drucke ist, eine weit geringere Bohrung, und zwar ist deutlich, daß um gleiche Kraft zu üben, die Kolbenfläche in dem nämlichen Verhältnisse abnehmen muß, wie der Druck des Dampfes wächst.

Die Maschinerie wird ferner dadurch ungemein einfach und leicht, daß man des Kondensors und der Luftpumpe nicht mehr bedarf.

Da nämlich der in den Cylinder einströmende Dampf die Kraft von mehren Atmosphären übt, so kann man den gebrauchten geradezu in die Luft ausströmen lassen. Man vermindert hierdurch die absolute Kraft der Maschine nur um 15 Pfund für jeden Quadratzoll der Kolbenfläche, und diese Verminderung ist wenigstens bei einem Dampfdrucke von 4 Atmosphären geringer, als diejenige, welche durch den Gebrauch des Kondensors und der Luftpumpe veranlaßt werden würde. Will man also bei einer Hochdruckmaschine dennoch kondensiren,

ren, so läßt sich nur die sogleich näher zu beschreibende Methode des Oliver Evans anwenden; und doch ist auch hierbei nicht sowohl vermehrte Kraft der Maschine als der bei Seedampfschiffen wesentliche Vortheil zu erlangen, daß der Kessel mit beinahe vollkommen destillirtem Wasser gespeist wird. Man sieht hieraus, daß eine Hochdruckmaschine, obgleich alle ihre Theile verhältnißmäßig weit stärker gearbeitet werden müssen, als die Theile einer Maschine mit niedrigem Drucke, nicht bloß Raum sondern auch Gewicht erspart, und daß sie schon deswegen auf Schiffen vorzugsweise angewandt zu werden verdient.

Nächstdem giebt aber auch die Hochdruckmaschine mit einem bestimmten Dampfquantum weit mehr mechanischen Effekt, als eine Maschine von niedrigem Drucke. Um nämlich dem Kolben eine gewisse Geschwindigkeit mitzutheilen, muß man von der Last, welche ihm das Gleichgewicht hält, bei hohem und bei niedrigem Drucke gleich viel wegnehmen. Dieser Abzug steht aber zu niedrigem Drucke in einem viel ansehnlicheren Verhältnisse als zu hohem, indem hochdrückender Dampf, wenn er in ein Gefäß einströmt, eine viel größere Geschwindigkeit hat.

Die Hochdruckmaschinen gewähren aber auch noch den sehr wesentlichen Vortheil, daß sie eine vorzügliche Benutzung der Expansionskraft des Dampfes gestatten. Theilen wir z. B. den Raum eines Hochdruckcylinders, welcher von dem Kolben nicht eingenommen wird, in 24 gleiche Theile, wenden wir einen Dampf von 4 Atmosphären an, und lassen wir diesen Dampf über einen Kolben von 9 Zoll Durchmesser oder 63,617 Quadratzoll Oberfläche so lange einströmen, bis dieser den dritten Theil seines Weges zurückgelegt hat. Sperren wir jetzt durch eine Wendung des Steuerungshahns den Dampf ab, so wird er sich noch ferner zu expandiren suchen und den Kolben, mit immer abnehmender Gewalt, obgleich bis zum Ende seines Laufes niederdrücken. Der ganze Dampf-

druck, welcher, wenn jeder Abschnitt des Cylinders gleich 1 Zoll wäre, der Dampf ohne Unterbrechung einströmte, und der Kolben in jeder Minute 180 Fuß zurücklegte, für das einmalige Niedergehen des Kolbens gleich 7634,040 Pfund wäre, würde nun ungefähr folgender sein:

Für den Cylinderabschnitt			1..........318,085	Pfund
»	»	»	2..........318,085	»
»	»	»	3..........318,085	»
»	»	»	4..........318,085	»
»	»	»	5..........318,085	»
»	»	»	6..........318,085	»
»	»	»	7.......... 318,085	»
»	»	»	8..........318,085	»
»	»	»	9..........282,742	»
»	»	»	10..........254,468	»
»	»	»	11..........231,334	»
»	»	»	12..........212,057	»
»	»	»	13..........195,745	»
»	»	»	14..........181,763	»
»	»	»	15..........169,645	»
»	»	»	16..........159,042	»
»	»	»	17..........149,687	»
»	»	»	18..........141,371	»
»	»	»	19..........133,932	»
»	»	»	20..........127,234	»
»	»	»	21..........121,157	»
»	»	»	22..........115,667	»
»	»	»	23..........110,638	»
»	»	»	24..........106,028	»

Summe des Dampfdruckes für alle
Abschnitte..............................5237,170 Pfund.

Die Wirkung von 1 Maaß vierfachen Dampfes mit dreifacher Expansion verhält sich also zu der Wirkung von 3 Maaß

vierfachen Dampfes ohne Expansion wie 5237,170 zu 7634,040; oder die Wirkung von 1 Maaß vierfachen Dampfes mit dreifacher Expansion verhält sich zu der Wirkung von 1 Maaß vierfachen Dampfes ohne Expansion wie 5237,170 zu 1908,510. Der mittlere Druck dieses sich expandirenden Dampfes ist also 5237,170 dividirt durch 24, oder 218,215 Pfund, und der des sich nicht expandirenden dreimal so großen Dampfquantums ist nur gleich 7634,040 dividirt durch 24, gleich 318,085 Pfd. für jeden Cylinderabschnitt; oder wenn drei Maaß vierfachen, sich nicht expandirenden Dampfes mit 60 Pfund auf jeden Quadratzoll der Kolbenoberfläche drücken, so drückt Ein Maaß vierfachen, sich dreifach expandirenden Dampfes mit 41,162 Pfund auf jeden Quadratzoll. Bewegt sich aber der Kolben, bei 60 Pfund Druck auf jeden Quadratzoll, in jeder Minute 180 Fuß, so kann er sich bei einem Drucke von 41,162 Pfund nur 123,486 Fuß bewegen, und das ganze absolute Kraftmoment der Expansionsmaschine während einer Minute kann demnach nur 323359,452 Pfund sein, statt daß sie bei der ohne Expansion arbeitenden Maschine 687063,600 Pfund ist. Im gegenwärtigen Falle leistet also die Expansionsmaschine mit $\frac{1}{3}$ des Dampfes, also auch des Brennstoffes, fast die Hälfte dessen, was sie ohne Expansion leisten würde *).

Noch ungleich wirksamer ist die Expansion, wenn man den Dampf während derselben bei seiner ursprünglichen Temperatur erhält. Man bewirkt dies gewöhnlich, indem man den

*) Fast alle Schriftsteller über Dampfmaschinen, und selbst fast alle Praktiker denken, wenn sie von der Expansion und ihren Vortheilen reden, gar nicht daran, von diesen letzteren dasjenige abzuziehen, was durch die langsamere Bewegung des Kolbens an Kraftäußerung verloren geht. Sie erwägen nicht, daß in der Mechanik jede mehr aufgewandte Zeit gleich verminderten Effekt ist. Uebrigens versteht sich, daß die obengegebene Berechnung in sofern ein wenig zu gering ist, als der Dampfdruck eigentlich statt bei 24, bei unendlich vielen Abschnitten des Cylinders gefunden werden müßte.

Cylinder mit einem zweiten, dem sogenannten Mantel (steam case) umgiebt und den Zwischenraum mit dem Dampferzeuger in ununterbrochene Verbindung setzt. Erst aus diesem Zwischenraume tritt dann der Dampf in den arbeitenden Cylinder. Oft wird auch die Erwärmung des Cylinders dadurch bewirkt, daß man diesen größtentheils in den Kessel einsenkt.

Wenden wir uns jetzt zu der Beschreibung einer Hochdruckmaschine nach dem System des Oliver Evans, wie sie auf Amerikanischen Dampfbooten häufig angewandt wird. (Fig. 6.) Der Kessel ist ein Cylinder mit gewölbten Enden von starkem Eisenblech. Der Cylinder ist 2 Fuß 9 Zoll lang im innern Raume und hat 9 Zoll im Durchmesser. Der Kolben hat folglich 63,617 Quadratzoll Oberfläche; und er legt 180 Fuß in der Minute zurück. Das Sicherheitsventil ist mit 120 Pfund für jeden Quadratzoll belastet; da aber der Dampf abgesperrt wird, nachdem der Kolben ein Drittheil von jedem Hub vollendet hat, so ist der mittlere absolute Druck für jeden Quadratzoll der Kolbenoberfläche nur 92,615 Pfund. Der absolute Effekt der Maschine ist also in jeder Minute $63{,}617 \times 92{,}615 \times 180$ oder 1060539,840 Pfund. Der nutzbare, um ein Drittheil geringere Effekt ist folglich gleich 707026,56 Pfund, oder die Maschine hat $21\frac{1}{2}$ Pferdekraft, und verbraucht, um diese Wirkung zu leisten, in jeder Minute 37,699 Kubikfuß neunfachen oder 339,291 Kubikfuß einfachen Dampf.

Die Steuerung dieser Expansionsmaschine wird durch das Amerikanische Drehventil bewirkt, welches sich durch seine rotirende Bewegung empfiehlt, dessen beide Platten a und b aber aus sehr hartem Metall bestehen und sehr sorgfältig gearbeitet sein müssen, um gute Dienste zu leisten *).

---

*) Eine nähere Beschreibung dieses Ventils findet man in Bernoulli, Dampfmaschinenlehre, S. 196—198.

Der Kolben (Fig. 6.) besteht einmal aus den scheibenförmigen und den Cylinder genau füllenden Eisenplatten cc, sodann aus der dreifachen Metallliderung ddd, welche entweder von Messing oder von Stahl verfertigt ist. Jede einzelne Liderung (Fig. 7.) besteht aus folgenden Stücken. a.a.a. sind drei Segmente, jedes von beinahe 120°, deren äußerer Umfang mit der möglich größten Genauigkeit in den Cylinder paßt. bbb sind drei Keile, welche zwischen die Segmente eingefügt sind, und dieselben mittelst der elastischen, auf Stahlstifte gesetzten Federn gegen die Cylinderwände drücken. Sowohl die Deckel- und Bodenplatte des Kolbens müssen auf die Segmente und Keile, als auch diese auf und in einander so sorgfältig geschliffen sein, daß sie dampfdicht sind, und die letzteren doch durch den Druck der Federn verschoben werden können. Dieser Kolben, eine Erfindung des Amerikanischen Advokaten Brown, ist in der That unter allen bisher angewandten der beste, und wiegt seinen hohen Preis durch eine lange Dauer auf, hat aber nichts desto weniger einige sehr erhebliche Fehler. Die Punkte x der Segmente und die Spitzen der Keile rücken nämlich bei dem allmähligen Ausschleifen des Cylinders ungleich weiter vor als die Punkte o, so daß der Cylinder eine vollkommen unregelmäßige Oeffnung erhält, und er, wenn ihm ein neuer Kolben eingesetzt werden soll, erst von Neuem gebohrt werden muß. Um diesen Uebelstand zu mindern, baut man die Liderung aus sehr weichem Messing, welches sich an den gußeisernen Wänden des Cylinders fortwährend abschleift, aber bei sehr hohem Drucke leicht große Reibung verursacht. Diese Reibung kann so ansehnlich werden, daß die beiden Metalle endlich vollkommen kohäriren, und nur mit einem ungeheuren Kraftaufwande auf einander bewegt werden können; und es ist vorzüglich dieser Ursach zuzuschreiben, daß Perkins in seinen Versuchen, einen außerordentlich hohen Druck anzuwenden, nicht glücklicher war. Außerdem aber verursachen

die Kolben der Hochdruckmaschinen einen ansehnlichen Dampfverlust, den man um so weniger zu verhindern weiß, je stärker die Spannung des Dampfes ist. Um zu bewirken, daß der Kolben selbst bei sehr hohem Drucke vollkommen dampfdicht sei, und gegen die Wände des Cylinders weder eine zu starke, noch eine ungleiche Reibung ausübe, müßte man bei dem Baue desselben folgende Punkte berücksichtigen:

1) Die Härte des zu verwendenden Metalls.

2) Seine Längenausdehnung und seine Elastizität bei demjenigen Temperaturgrade, dem es ausgesetzt werden soll; denn die gewöhnlichen Metallkolben sind schon dadurch gleich anfänglich undicht, daß sie kalt in den Cylinder eingeschliffen, bei der Hitze nicht mehr einen richtigen Kreis bilden.

3) Die Elastizität des Metalls.

4) Die Mittel, wodurch bewirkt werden kann, daß bei dem allmähligen Ausschleifen des Cylinders dieser vollkommen rund bleibe, oder was gleich viel sagt, daß die einzelnen Punkte des Umfanges der Liderung unter allen Umständen sich in stets koncentrischen Kreisen ausdehnen. Dies Letzte ist die Hauptsache, es ist aber so schwierig zu bewirken, daß ein vollkommen dampfdichter Kolben bei einer Hochdruckmaschine fast einer Unmöglichkeit gleich steht. —

Wenn die Hochdruckmaschine des Oliver Evans auf Seeschiffen gebraucht wird, hat sie in der Regel einen Kondensor. Es ist nämlich wünschenswerth, daß der Kessel stets mit möglich reinem Wasser gespeist werde, indem das Seewasser nicht allein schwerer verdampft, sondern auch die innern Wände des Kessels mit einer schwer zu entfernenden Kruste, dem sogenannten Pfannenstein überzieht. Der Kondensor wirkt demnach ohne Injektionswasser. Er besteht aus einer sehr langen, vielfach gewundenen Röhre von Kupfer, welche in einem hölzernen oder blechernen Kasten liegt, in welchen ohne Unterbrechung kaltes

Wasser gepumpt wird, das eben so fortwährend wieder abfließt. Indem nun der in dem Cylinder gebrauchte, und durch seine Expansion schon beträchtlich abgekühlte Dampf durch diese Röhre strömt, verdichtet er sich vollständig, und das aus ihm gewonnene fast noch kochende Wasser wird dem Kessel sogleich wieder zugeführt. Es ist deutlich, daß diese Kondensirmethode nur unter den beiden Bedingungen angewandt werden darf, daß fließendes oder wenigstens frisches Wasser in hinreichender Menge vorhanden ist, und daß die Oberfläche der Röhre groß genug sei, um selbst, wenn die Temperatur der Atmosphäre sehr hoch steht, dennoch eine vollkommne Kondensation des Dampfes zuzulassen. Wo nicht, so ist die Anwendung von Kondensoren bei Hochdruckmaschinen nicht bloß schädlich, sondern sie kann selbst gefährlich werden; und auf Flußdampfschiffen ist es stets vorzuziehen, den gebrauchten Dampf unmittelbar in den unteren Theil des Schornsteins entweichen zu lassen. Man wird bei diesem Verfahren eine sehr geringe Kraftverminderung spüren, und dieselbe reichlich dadurch ersetzen, daß man im Schiffe an Raum und Gewicht spart, daß der Zug unter dem Kessel lebhafter wird, und daß der Rauch sich gänzlich verzehrt *).

Eine andere Art von Expansionsmaschinen sind die von A. Woolf, oder vielmehr schon früher von Jonathan Hornblower erfundenen mit zwei oder mehren Cylindern. Es wird hierbei vierfacher bis achtfacher Dampf erzeugt und zuerst in einem Hochdruckcylinder auf die gewöhnliche Weise ohne Expansion benutzt. So wie er aber hier gebraucht ist, strömt er, statt in die Luft oder in einen Kondensor, in den zweiten, vier bis acht mal größeren Cylinder und wirkt hier noch mittelst

*) Es fragt sich hier, ob es nicht vielleicht zweckmäßiger wäre, statt der gewundenen Röhren mit gehörigen Modifikationen denjenigen Kondensirungsapparat anzuwenden, den Pistorius für die Brantweinbrennerei erfunden hat und mit so ausgezeichnetem Erfolge anwendet.

seiner Expansion. Erklären wir auch die Wirkungen dieser Maschinen an einem Beispiele. Der Dampf sei ein achtfacher, oder das Sicherheitsventil sei mit 105 Pfund für jeden Quadratzoll belastet. Der Kolben des ersten Cylinders halte 8 Zoll im Durchmesser oder 50,265 Quadratzoll Oberfläche, und er mache in jeder Minute 90 einfache Hübe von 2 Fuß. Der ganze absolute Effekt dieses Cylinders während der Minute ist also gleich 50,265 × 120 × (90 × 2), oder 1085724 Pfund; und der um ein Drittheil geringere nutzbare Effekt gleich 723818 Pfund oder 22 Pferdekraft. Der Cylinder leistet diese Wirkung mit einem Aufwande von 50,265 × (180 × 12) oder 108572,400 Kubikzoll, gleich 62,831 Kubikfuß achtfachen, gleich 502,648 Kubikfuß einfachen Dampf. Indem aber dieser Dampf den ersten Cylinder verläßt, hat er fast noch seine volle Tension, er wird also in dem zweiten, mit einem Watt'schen Kondensor verbundenen, acht mal so großen Cylinder noch mit etwa 6 Pfund nutzbarer Kraft auf jeden Quadratzoll drücken. Setzen wir also den Durchmesser des zweiten Kolbens gleich 22,5 Zoll Durchmesser, seine Oberfläche also 397,61 Quadratzoll, und seine Bewegung in der Minute gleich 180 Fuß, so wird sein nutzbarer Effekt während dieser Zeit gleich 429418 Pfund oder 13 Pferdekraft sein. Man wird also durch diese Expansions-Maschine einen nutzbaren Effekt von 35 Pferdekraft mittelst eines Aufwandes von 502,648 Kubikfuß einfachen Dampfes gewinnen. Es muß indessen bemerkt werden, daß der Effekt dieser Expansionsmaschinen, selbst wenn die Cylinder erwärmt werden, in der Wirklichkeit weit geringer ist, als der durch Rechnung gefundene, weil einerseits die Erwärmung, andererseits die großen Flächen der Cylinder und Mäntel einen weit größeren Verbrauch von Wärme und Dampf veranlassen. Auf Schiffen sind die Woolf'schen Maschinen, weil sie den Raum und die Tragfähigkeit so ansehnlich beeinträchtigen, nicht wohl anwendbar.

Am vortheilhaftesten, so wie ohne Zweifel am sichersten unter allen Dampfmaschinen ist die von mir erfundene Expansionsmaschine. Da sie nämlich im Generator ungleich geringeren Dampfdruck hat, als in dem Cylinder, und in jedem Augenblicke nur so viel Dampf erzeugt als verbraucht wird, so ist Gefahr nicht denkbar; und da sie nicht bloß mit $\frac{1}{4}$ weniger Brennstoff eben so viel Dampf als jede andere Maschine liefert, sondern auch bei der Erwärmung des Cylinders dem Erzeuger keine Hitze entzieht, so giebt sie einen nutzbaren Effekt, der um ein Drittheil größer ist, als derjenige, welchen die besten nach Evans System gebauten Maschinen gewähren.

Was die Lage der Theile einer Schiffsmaschine betrifft, so muß dieselbe dem Fahrzeuge jedesmal genau angepaßt werden. Für ein Seedampfschiff sind aufrecht stehende Cylinder am meisten geeignet; für ein Flußdampfschiff dagegen, vornehmlich, wenn es sich der von mir erfundenen Wasserschraube bedient, liegende Cylinder. Mittelst dieser Bauart werden die schweren Balanciers überflüssig, und die Maschine nimmt nicht nur einen sehr geringen Raum ein, sondern ihre Kraftäußerungen beschädigen auch das Schiff nicht im Geringsten. Gewöhnlich glaubt man zwar, daß liegende Cylinder sich ungleichmäßig ausschleifen, allein dies ist theils, wie oben gezeigt worden, überhaupt nicht zu vermeiden, theils aber ist es nicht schwer, durch eine eigene Vorrichtung an dem oberen Ende der Kolbenstange, den Kolben im Cylinder stets schwebend zu erhalten.

Außerdem muß bemerkt werden, daß jedes Dampfschiff zwei an der nämlichen Kurbelwelle arbeitende Maschinen haben sollte. Die Kurbeln selbst müssen dann im rechten Winkel zu einander stehen, so daß, wenn der erste Kolben seinen höchsten, den sogenannten todten Punkt erreicht hat, der zweite schon wieder im Niedersteigen begriffen ist. Das Dampfboot wird durch diese Einrichtung zwar kostspieliger, aber seine Bewegungen werden auch ungleich sanfter und regelmäßiger sein,

und das schwere, auf Schiffen so unbequeme Schwungrad wird wegfallen können. Zwei Maschinen sind daher besonders nothwendig, wenn man Expansion anwendet.

Zum Schlusse dieses Abschnitts die Anlage der Maschinen für Dampfboote, welche die Elbe und Oder mit Vortheil befahren können.

1. Für ein Elbdampfschiff von 45 bis 50 Pferdekraft, welches im Laufe dieses Sommers in Thätigkeit kommen wird. Cylinder 15 Zoll Durchmesser, 176,71 Quadratzoll Kolbenfläche. Hublänge 2 Fuß; Doppelhübe 36 in jeder Minute; also Kolbengeschwindigkeit 144 Fuß in der Minute. Das Ventil ist mit 35 Pfund für jeden Quadratzoll belastet, also absoluter Druck 50 Pfund. Der ganze absolute Druck in der Minute ist also 176,71 × 50 × 144 gleich 1267200 Pfund, gleich 37 Pferdekraft, und der um ein Drittheil geringere effektive Druck gleich 25 Pferdekraft. Diese Maschine verbraucht in jeder Minute 176 Kubikfuß $3\frac{1}{2}$fachen Dampf oder 586 Kubikfuß einfachen Dampf. In dem neuen Dampferzeuger geben 4 Quadratfuß Feuerfläche in jeder Minute 25 Kubikfuß einfachen Dampf, also 93,76 Quadratfuß erzeugen 586 Kubikfuß. Jede Röhre hat 7,85 Quadratfuß Feuerfläche, also 12 Röhren haben 94,20 Quadratfuß Feuerfläche. Es sind daher für 2 solche Maschinen, welche zusammen 50 Pferdekraft besitzen, 24 solche Röhren, und außerdem ein Dampfsammler von $2\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser und 9 Fuß Länge erforderlich. Die Fläche der Rosten beträgt 0,53 Quadratfuß für jede Pferdekraft, also $26\frac{1}{2}$ Quadratfuß. Bei zwei Watt'schen Maschinen von 25 Pferdekraft würde sie $37\frac{1}{2}$ Quadratfuß betragen. Die Maschinen sind so gebaut, daß Expansion stattfinden kann, wenn die volle Kraft nicht nothwendig ist. Das Schiff wird in jeder Stunde fast 3 Meilen in stillem Wasser zurücklegen können.

2. Für ein die Elbe befahrendes Bughsirboot von 30 bis 32 Pferdekraft. Cylinder 11 Zoll Durchmesser, Kolbenfläche

95,033 Quadratzoll, Kolbenhub $1\frac{1}{2}$ Fuß, Doppelhübe 48; also Kolbengeschwindigkeit 144 Fuß; absoluter Druck auf jeden Quadratzoll 60 Pfund; also der ganze absolute Druck in der Minute $95{,}033 \times 60 \times 144 = 821085{,}12$ Pfund, gleich 24 Pferdekraft absolut, gleich 16 Pferdekraft effektiv. Zwei solche Maschinen verbrauchen in jeder Minute 760,264 Kubikfuß einfachen Dampf. Diese werden erzeugt durch 121,642 Quadratfuß Feuerfläche, folglich besteht der Dampferzeuger für beide Maschinen aus 20 Röhren, deren jede 6,8 Quadratfuß Feuerfläche hat, und einem Dampfsammler von 2 Fuß Durchmesser und 8 Fuß Länge.

3. Für ein die Oder befahrendes Bughsirboot von 30 bis 32 Pferdekraft. Cylinder 9 Zoll; Kolben 63,617 Quadratzoll; Kolbenweg 144 Fuß in der Minute. Absoluter Druck 120 Pfund auf den Quadratzoll, mittlerer Druck bei dreifacher Expansion 82 Pfund; also der ganze absolute Druck in der Minute gleich 751189 Pfund, oder 23 Pferdekraft, und der effektive Druck gleich $15\frac{2}{3}$ Pferdekraft. Beide Maschinen brauchen, um diese Wirkung zu leisten, 61,85 Kubikfuß achtfachen oder 494,8 Kubikfuß einfachen Dampf. Dieselbe Wirkung wird aber durch Anwendung meiner nicht schwereren Expansionsmaschinen, wo der Dampfsammler wegfällt, mit um ein Drittheil weniger Brennstoff erlangt werden.

Anmerkung. Hier noch einige Bemerkungen über die Dimensionen verschiedener Theile der Dampfmaschinen: Ist der Dampf wenig über 100° C. erhitzt, so beträgt der Durchmesser des Dampfrohrs $\frac{1}{5}$ vom Durchmesser des Cylinders, oder 0,982 Quadratzoll für jede Pferdekraft. Da die Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes wie sein Druck wächst, so können die übrigen Durchmesser hiernach leicht berechnet werden. Der Durchschnittsfläche des Dampfrohrs soll die Fläche des Sicherheitsventils und der übrigen Dampfkanäle wenigstens gleich sein. Die Länge des Balanciers soll etwas über

3 Mal so groß sein, als die Länge eines Kolbenhubs. Die Durchschnittsfläche der Kolbenstange soll 0,982 Quadratzoll für jede 1200 Pfund der auf den Kolben drückenden absoluten Last halten. Die Kurbelstangen sollen von Schmiedeeisen und etwas stärker sein. Diese Theile müssen nämlich auch dem Biegen widerstehen. — Sonst kann eine geschmiedete Eisenstange von 1 Quadratzoll Durchschnittsfläche nur durch 60000 Pfund zerrissen werden. Eine solche von 1 Kreiszoll durch 47124 Pfund. Bei Maschinen, die vollkommen fest sein sollen, kann man aber im Allgemeinen nur 4000 Pfund für jeden Quadratzoll, und 3141,6 Pfund für jeden Kreiszoll Durchschnittsfläche rechnen. — Die gehörige Stärke einer Schraube zu finden: Dividire das gegebene Gewicht in Pfunden durch 2200, ziehe die Quadratwurzel aus dem Quotienten. Diese ist der richtige Diameter in Zollen für die Schraube nebst ihrem Gewinde. Der Grund dieser Regel ist: Das Gewinde der Schraube wird bis zu $\frac{1}{6}$ ihres ganzen Durchmessers eingeschnitten; wenn also ein Kreiszoll 3141,6 Pfund trägt, so tragen $\frac{5}{6}$ Kreiszoll noch $3141{,}6 \times 0{,}694$ oder 2180 oder in runder Summe 2200 Pfund. Gußeisen reißt von der Hälfte des Gewichts, wovon Schmiedeeisen reißt. — Die Tiefe der Zähne eines Rades zu finden, welches die Kraft der Maschine fortpflanzen soll: Multiplicire den Durchmesser des Rades in Zollen mit 3,14159, und dividire das Produkt durch die Anzahl der Zähne. Der Quotient ist die Tiefe der Zähne in Zollen. — Zu finden, wie viel Pferdekraft ein gegebenes Rad mit Sicherheit fortpflanzen kann: Multiplicire $\frac{1}{4}$ des Quadrats der Tiefe der Zähne in Zollen mit der Länge der Zähne in Zollen. Das Produkt ist die Anzahl der Pferdekräfte, welche das Rad mittheilen kann, wenn sein Umfang am Boden der Zähne in jeder Sekunde 4 Fuß Geschwindigkeit hat. —

III.

Von den Triebvorrichtungen.

Alle Dampfschiffe müssen mit irgend einer Vorrichtung versehen sein, mittelst deren die Dampfmaschine auf das außerhalb des Fahrzeuges befindliche Wasser wirkt, und so das Schiff forttreibt.

Die älteste und noch jetzt üblichste Art von Triebvorrichtung sind die Wasser- oder Schaufelräder. Sie sind gewöhnlich wie unterschlächtige Mühlräder gestaltet, und werden durch zwei Stirnräder, von denen das eine auf ihrer Axe, das andere auf der Kurbelwelle der Dampfmaschine festsitzt, nach vorn hin umgedreht. Hierdurch wird bewirkt, daß ihre Schaufeln nach einander in das Wasser greifen, und so das Fahrzeug in Bewegung setzen. Die Schaufeln stehen meistentheils lothrecht auf den Mittelpunkt, und es werden ihrer nur so viele angebracht, daß nie mehr als eine im Wasser sich befindet. Die Dimensionen der Räder sind natürlicher Weise nach der Größe des zu bewegenden Schiffes und nach der Kraft der Dampfmaschine verschieden. Sie halten in der Regel zwischen 10 und 20 Fuß im Durchmesser. Die Länge der Schaufeln so wie ihre Einsenkung werden aber gewöhnlich nicht sowohl nach Grundsätzen, als nach Gutdünken bestimmt. Wenn man indessen weiß, daß 3,8 Pfund eine Fläche von 1 Quadratfuß in jeder Sekunde 1 Fuß weit durch stilles Wasser ziehen, so wird man leicht berechnen können, wie viel Schaufelfläche Räder von einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit bei der bekannten Kraft der Dampfmaschine an und für sich haben dürfen. Gesetzt, die Dampfmaschine habe 30 Pferdekraft oder sie wirke gleich 990000 Pfund in der Minute oder gleich 16500 Pfund in der Sekunde; ferner jedes der beiden Wasserräder halte 10 Fuß im Durchmesser, also 31,415 Fuß im Umfange

und solle in jeder Minute 20 Umdrehungen machen, so würde die jedesmal im Wasser befindliche Schaufelfläche beider Räder 41,7 Quadratfuß enthalten, und das Schiff in der Sekunde 10,4, in der Minute 628,3, in der Stunde 37698 Fuß im vollkommen stillen Wasser zurücklegen können. Auf diese Berechnung aber üben einige, nicht so leicht zu bestimmende Umstände einen mächtigen Einfluß. Nämlich

1. Um ein Schiff mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch vollkommen stilles Wasser zu ziehen, braucht die bewegende Schaufelfläche beiweitem nicht so groß zu sein, als die Quadratfläche eines vertikalen Durchschnitts des lebenden Werkes in der größten Breite, denn der vor der größten Breite liegende Theil des Schiffskörpers erleichtert durch seinen scharfen Bau das Durchschneiden des Wassers, wogegen wieder die Reibung der hinter der größten Breite liegenden Flächen des lebenden Werkes diesem Durchschneiden etwas hinderlich ist. Diese Förderung und dieses Hinderniß des Durchschneidens ist aber bei zwei Fahrzeugen von nicht ganz gleicher Bauart sehr wesentlich verschieden, beide müßten aber erst genau ermittelt werden, bevor man mit Sicherheit bestimmen könnte, um wie viel die absolute durch Rechnung gefundene Schaufelfläche der Wasserräder vermindert werden darf.

2. Das Wasser ist aber in der Wirklichkeit nur höchst selten vollkommen ruhig. Strömungen und Wellenschlag vermehren den Widerstand des Wassers gegen einen in ihm sich bewegenden Körper oft sehr ansehnlich, folglich müssen auch die Schaufelflächen für den gewöhnlichen Gebrauch größer sein, als für ein bloßes Experiment in vollkommen stillstehendem Wasser.

3. Die Höhe des Fahrzeugs über dem Wasser, und der Windfang seiner Masten, des Schornsteins u. s. w. sind zu berücksichtigen. Um diesen Luftdruck annähernd schätzen zu können, muß man sich erinnern, daß ein frischer Wind von 24

Fuß Geschwindigkeit in der Sekunde auf 8 Quadratfuß mit 1 Pfund Kraft drückt.

4. Wenn die Schaufeln der Wasserräder in das Wasser tauchen, drücken sie schräg von oben nach unten auf dasselbe, ohne durch diesen Druck den Gang des Schiffes merklich zu fördern; und wenn sie aus dem Wasser sich zu erheben beginnen, findet ein zweiter eben so nutzloser Druck von unten nach oben statt. Daher legt das Schiff auch in dem ruhigsten Wasser in einer Minute nie so viel Fuß Weg zurück, als der Umfang des Schaufelrades multiplicirt mit der Anzahl der Umdrehungen beträgt. Die Schaufelfläche muß also wiederum ansehnlich vermindert werden, damit die Räder mehr Umgänge machen können. Dieser Kraftverlust findet nämlich bei jeder Stellung und jeder Gestalt der Schaufeln statt, so lange sie nicht beweglich sind, sind sie dies Letztere, so fehlt es ihnen wieder an der so nothwendigen Haltbarkeit.

Ungeachtet aller dieser Schwierigkeiten, denen man begegnet, wenn man die Schaufelflächen der Wasserräder zu einem bestimmten Dampfschiffe und seiner Maschinenkraft in ein richtiges Verhältniß bringen will, würde ich doch versucht haben, wenigstens annähernde Berechnungen über diesen Gegenstand zu geben, wenn nicht die Anwendung von Wasserrädern überhaupt in den meisten Fällen ganz zweckwidrig wäre. Die Schaufelräder haben nämlich, wenn wie gewöhnlich eines derselben an jeder Seite des Schiffes befestigt ist, außer dem so eben gerügten Hauptfehler, daß sie weit mehr Kraft zu ihrer Umdrehung fordern, als sie selbst auf die Fortbewegung des Schiffes verwenden können, noch folgende wesentliche Mängel:

1. Die Breite und folglich die Tragfähigkeit des Schiffes wird durch sie ansehnlich vermindert, wenn das Dampfboot durch Brücken, Schleusen und Kanäle gehen soll.

2. Wenn das Dampfschiff gegen den Wind fährt, ver-

ursachen die Räder einen sehr ansehnlichen Windfang, und hindern somit den Lauf des Schiffes.

3. In unruhiger, besonders in hohler See leisten die Seitenräder fast gar keine Dienste mehr. Sie arbeiten entweder so tief im Wasser, daß die Maschine den Druck der vermehrten Schaufelflächen nicht überwältigen kann, oder das Schlingern des Schiffes bewirkt, daß das eine Rad in der Luft schwebt, während das andere zu tief im Wasser liegt, um mit Erfolg zu wirken. Das Nämliche findet bei stürmischem Wetter nicht selten auf großen Flüssen und Landseen statt; und man hat, um diesem wesentlichen Mangel abzuhelfen, den Rädern schon sehr verschiedenartige Stellungen zu geben versucht. Man hat das Schiff mit einem Kanal in der Mitte gebaut, und ein großes Schaufelrad in diesen gelegt; doch hat diese Bauart wieder aufgegeben werden müssen, weil der Verband des Fahrzeugs dadurch zu sehr geschwächt wird, und weil sie der doppelten Zwischenwände wegen, ungleich kostbarer ist, als die gewöhnliche, ohne jedoch die Tragfähigkeit zu fördern. Oder man hat ein großes Wasserrad am Hintertheil des Schiffes auf die in Fig. 8. angedeutete Weise befestigt, und es durch eine Trommel und eine starke, mit der Kurbelwelle kommunicirende Laufkette in Bewegung gesetzt. Durch diese Bauart wurde jedoch der oben erwähnte, aus der Art des Ein- und Austauchens der Schaufeln entspringende Kraftverlust nicht beseitigt; und noch viel verwerflicher ist der wegen seiner Thorheit wohl nie zur Ausführung gekommene Vorschlag eines Franzosen, das Schaufelrad vor dem Vordersteeven des Schiffes zu befestigen. Das Wasserrad würde auf diese Weise gegen sich selbst kämpfen, indem es das Schiff gerade durch den Strom ziehen müßte, den es selbst verursacht *).

*) Einige Dampfschiffe haben ein Wasserrad an jeder Seite und ein drittes am Hintertheil.

4. Ein mit Wasserrädern versehenes Dampfschiff steuert weit schwerer, als ein auf gewöhnliche Weise zugetakeltes Segelfahrzeug. Dieser Mangel zeigt sich dann besonders fühlbar, wenn bei dem Wenden das Wasser durch eine nicht ganz schwache Strömung schräg gegen die Schaufelflächen des einen Wasserrades getrieben wird.

Diese Bemerkungen über die Unvollkommenheiten der Schaufelräder liegen jedem selbst oberflächlichen Beobachter so nahe, daß man nicht umhin konnte, sie zu machen, sobald man nur daran dachte, die Schaufelräder überhaupt anzuwenden: kein Wunder daher, daß man auf Mittel sann, sie ganz entbehrlich zu machen.

Ein solches Mittel kann zunächst die Reaktion des Wassers selbst darbieten. Denken wir uns z. B. die im Schiffe befindliche Dampfmaschine setzte eine große Saug- und Druckpumpe in Bewegung. Die Pumpe empfinge das Wasser aus einer Röhre von verhältnißmäßigem Durchmesser, deren Mündung in und zu beiden Seiten des Vordersteeven läge, und sie drückte es mittelst einer anderen Röhre, die am Hintersteeven unter dem Wasser sich mündete, wieder zum Schiffe hinaus. Der Erfolg dieser Vorrichtung würde bei hinlänglicher Maschinenkraft und nicht zu kleinem Durchmesser des Pumpwerks und der Zu- und Abflußröhren ohne Zweifel der sein, daß das Fahrzeug bei dem Niedergehen des Pumpenkolbens durch das an seinem Hintertheil mit Gewalt ausströmende Wasser gerade auf die nämliche Weise fortgedrückt werden würde, wie eine Rakete ihre Flugkraft von dem aus ihrem Inneren hervorbrechenden Feuerstrome erhält. Diese Bewegung des Schiffes würde auch noch dadurch um etwas beschleunigt werden, daß es bei dem Hinaufgehen des Pumpenkolbens und dem Einströmen des Wassers gewissermaßen angesogen werden würde.

Eine auf diese Weise gewonnene Bewegung des Fahrzeugs würde sich als sehr sanft und gleichförmig beweisen, und die

Triebvorrichtung würde von allen Schwankungen des Schiffes vollkommen unabhängig arbeiten; es fragt sich aber, welche Kraft sie würde verwenden müssen, um ein gegebenes Fahrzeug mit einer bestimmten Geschwindigkeit in Bewegung zu setzen. Um diese Frage gründlich zu beantworten, müßte man zu einer Reihe von Experimenten seine Zuflucht nehmen. Man müßte z. B. ein Boot bauen, zwei bis vier Mann an der Pumpe arbeiten lassen, und die aufgewandte Kraft, die Länge der Zeit und die während derselben erlangte Geschwindigkeit bei wiederholten Versuchen sorgfältig bemerken. Man müßte dann dem Boote Wasserräder geben und die nämlichen Experimente mit der nämlichen Kraft und der gleichen Ladung machen, oder man müßte das Boot rudern lassen, und nach dem Erfahrungssatze, daß die Wirkung des Ruderns zu der des Umdrehens der Wasserräder beinahe wie 2 zu 1 sich verhält, den Effekt der Reaktion abschätzen. Diese Versuche würden in der That zeitraubend sein und nicht ohne Kostenaufwand gemacht werden können; es wird dieselben aber vielleicht nur Jemand anstellen wollen, der nicht weiß, daß, wenn der Durchmesser der Ausströmungsöffnung so groß ist, wie der Durchmesser des Pumpenkolbens, die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers nicht größer sein kann, als die sehr beschränkte Geschwindigkeit des Niedergehens dieses Kolbens.

Eine der Reaktion ganz ähnliche Wirkung, nur noch eine geringere, giebt die Anwendung einer Archimedischen Wasserschnecke als Triebvorrichtung, welche man in England und Nordamerika wiederholt versucht hat. Man hätte vernünftiger Weise vor dem Versuche bedenken sollen, daß keine Schraube bei einer Umdrehung mehr Weg zurücklegt, als der Abstand jedes ihrer ganzen Gewinde von dem andern in gerader Linie beträgt, und daß der geringe Wasserstrom, welcher sich auch bei sehr schneller Umdrehung langsam durch die engen Gänge windet, unmöglich hinreichen kann, den Druck des Wassers

gegen das Vordertheil des Schiffes mit einiger Schnelligkeit zu überwinden.

Wir wenden uns jetzt zu derjenigen Triebvorrichtung, welche das am Hintertheile des Schiffes befindliche Wasser als eine Schraubenmutter benutzt, in welcher eine zweckmäßig eingerichtete Schraube sich durch Hülfe der Dampfkraft schnell umdreht, und somit das Schiff fortschraubt. Diese Vorrichtung, welche wir eine Wasserschraube nennen wollen, und welche in der Art ihrer Wirkung nichts mit der Archimedischen Wasserschnecke gemein hat, beruht auf der bekannten Erfahrung, daß das Wasser einem schnell gegen dasselbe ausgeübten Drucke wie ein fester Körper widersteht, und auf der eben so bekannten Wirksamkeit der Schraube als mechanisches Hülfsmittel. Es ist daher dem ersten Anscheine nach nichts leichter und einfacher zu bauen, als eine wirksame Wasserschraube. Man nehme der Archimedischen Schnecke nur ihre äußere Hülle, verbinde sie mittelst ihrer Axe in horizontaler Lage mit dem Hintertheile, oder wenn man zwei benutzt, mit den Seiten des Schiffes, drehe sie in jeder Minute etwa 100mal um, und das Schiff wird mit bewunderungswürdig geringem Kraftaufwande in eine ungemein schnelle Bewegung gesetzt werden! — So glaubte und so handelte man in England und Nordamerika, und war nicht wenig erstaunt, als der Erfolg weder Ersparniß an Kraft noch Gewinn an Schnelligkeit zeigte. Es ging diesen Leuten ungefähr, wie es Jemand ergehen würde, der, um schneller zu fahren, seinem Wagen sechs Räder statt vier oder zwei unterlegte. Indessen verzagte man nicht. Die Versuche wurden wiederholt; Patente auf alle möglichen Arten von Wasserschrauben wurden verlangt und ertheilt, ohne daß die Patentinhaber irgend eine Art zur wirklichen, vortheilhaften Anwendung zu bringen vermochten.

Endlich war man überzeugt, daß Perkins, dessen Dampfmaschine eben viel Aufsehen machte, auch dieses Problem gelöst

haben müsse. Perkins hatte nämlich sehr richtig bemerkt, daß die Wirkung der Wasserschraube großentheils von dem Winkel abhange, den die Schraubengänge mit der Axe bilden. Er glaubte ferner nicht mit Unrecht, daß es genügen würde, statt ganzer Schraubengänge nur Theile derselben zu haben, wenn nur die Größe der Schaufelflächen dadurch nicht litte, und gründete auf diese Ansichten folgende Konstruktion:

Fig. 9 A stellt ein Rad von 12 Fuß Durchmesser und 3 Fuß Breite vor. Es ist so am Hintertheile des Schiffes befestigt, daß seine Axe aa in gleicher Richtung mit dem Kiel liegt, und wird in der Richtung xy umgedreht. Die Schaufeln bb sind Stücke von Schraubengängen, deren äußere Ränder mit der Axe einen Winkel von 45° bilden, und jede Schaufel ist folglich der achte Theil eines Schraubenganges, dessen Axe 24 Fuß lang ist. Dreht sich eine solche Schraube einmal um, so muß sie in ihrer Mutter 24 Fuß zurücklegen, und folglich legt jeder Theil von ihr gleichfalls 24 Fuß zurück. Unter der Voraussetzung also, daß das Wasser gleich einer aus fester Masse gebildeten Schraubenmutter sich verhalte, und daß das bezeichnete Rad Schaufelfläche genug besitze, müßte dasselbe, wenn es durch die Dampfmaschine in jeder Sekunde einmal umgedreht würde, das Schiff in jeder Minute 60 × 24 oder 1440 Fuß weit treiben. Allein, da die oberen Ränder der Schaufeln mit der Axe einen Winkel von 45 Grad bilden, so wird das Rad bei seiner Umdrehung in der Richtung von x nach y das Schiff eben so sehr seitwärts zu ziehen, als vorwärts zu treiben suchen, und jeder Winkel unter 45 Grad, der an sich in einer festen Mutter den Weg der Schraube bei jeder Umdrehung verlängern würde, muß in dem flüssigen Elemente die Abweichung nach der Seite vermehren. Das Rad ist also allein als Triebvorrichtung durchaus unbrauchbar. Perkins legte daher das ganz gleiche Rad B vor das Rad A, und ließ dieses erstere, dessen Axe cc durchbohrt war, um die Axe aa in sich aufzu-

nehmen, sich in gerade entgegengesetzter Richtung von y nach x umdrehen. Die Seitenwirkung von B hob nun die Seitenwirkung von A auf; aber diese gegenseitige Aufhebung von Kraft kann nur als die unbesonnenste Verschwendung betrachtet werden, denn die beiden Räder, deren jedes so viel Kraft verlangt, als nothwendig wäre, um das Schiff in jeder Sekunde 24 Fuß weit zu treiben, fördern das Fahrzeug in der Sekunde nur 17 statt 48, also in der Minute nur 1020 statt 2880 Fuß. Demnach verhält sich der Effekt, welchen eine solche Triebvorrichtung mit einer bestimmten Maschinenkraft wirklich leistet, zu dem, welchen sie eigentlich leisten müßte, wie 17 zu 48.

Kaum war diese unvollkommenste aller Triebvorrichtungen im Lande ihrer Entstehung richtig gewürdigt worden, so machten schon wieder viele andere Mechaniker neue Versuche, wirklich zweckmäßige Wasserschrauben zu konstruiren. Unter diesen sind die von Marestier und Cummerow die wichtigsten, allein auch sie führten zu keinem befriedigenden Resultate.

Es war vielleicht ein Glück für den Erfolg meiner Bemühungen, daß ich von diesen mißlungenen Versuchen nicht früher etwas erfuhr, als bis Berechnungen und Experimente mich befähigt hatten, die jetzt zu beschreibende Triebvorrichtung in ihrer ganzen Vollkommenheit aufzustellen. Die von mir erfundene, oder wenn man will, verbesserte Wasserschraube besteht aus einer eisernen Axe (aa Fig. 10 und 11), an welcher zwei, drei, vier oder mehre schraubenförmig gewundene und verhältnißmäßig breite Ruderblätter b befestigt sind. Die Ruderblätter sind aus Eisenblech verfertigt und werden in ihrer gehörigen Lage durch mehre starke eiserne Streben erhalten.

Der erste Hauptpunkt, worauf es bei dem Baue dieser Triebvorrichtung ankommt, ist die Bestimmung des Winkels, welchen die äußeren Ränder der Ruderblätter mit der Axe bilden. Ich habe durch vielfach wiederholte Versuche gefunden,

daß derselbe unter jeder Bedingung größer als 46°, aber kleiner als 60° sein muß. Uebrigens ist leicht einzusehen, daß dieser Neigungswinkel innerhalb der bezeichneten Grenzen fast bei jeder Wasserschraube ein anderer sein muß. Denn da von der geringeren oder größeren Oeffnung dieses Neigungswinkels das schnellere oder langsamere Vorschreiten der Wasserschraube abhängt, und da ein schnelleres Vorschreiten mehr Kraft verlangt als ein langsames, und zwar dies in einem stets wachsenden Verhältnisse: so ist es nothwendig, daß der Neigungswinkel jeder Wasserschraube der Länge, Breite und Wassertracht des Fahrzeugs, dem sie dienen soll, so wie der Fläche seines todten Werkes und der Kraft und dem Gange der Dampfmaschine genau angepaßt werde, damit die Vorrichtung unter den obwaltenden Umständen den möglich größten Effekt leiste. Meine Versuche, welche im Laufe eines Jahres von einem zehn Zoll langen Fregattenmodelle zu einem 50 Fuß langen Flußfahrzeuge und von der Kraft einer Uhrfeder zu der einer Dampfmaschine mit vollkommener Sicherheit fortschritten, haben mich in den Stand gesetzt, über die zweckmäßigsten Neigungswinkel der Wasserschrauben die genauesten Erfahrungen zu sammeln.

Ueber die Verhältnisse der Länge und Breite der Wasserschraube gilt im Allgemeinen die Bestimmung, daß in der Richtung der Axe gesehen (Fig. 12) kein Ruderblatt das andere decken, keines also mehr als einen halben Umgang um die Axe machen darf. Allein wie lang dieser halbe Schraubengang sein solle, hängt von der zur Fortbewegung des Schiffes erforderlichen Schaufelfläche ab, und seine Breite wird durch die Größe des Neigungswinkels bestimmt. Außerdem richtet sich auch die Länge der Wasserschraube nach der Anzahl ihrer Ruderblätter. Hat sie deren drei, so wird sie, um gleiche Schaufelfläche zu behalten, und das Schiff bei jeder Umdrehung gleich weit fortzutreiben, nur $\frac{2}{3}$ so lang sein, als wenn sie zwei Ruderblätter hat; und bei vier Ruderblättern wird sie nur

halb so lang sein, als bei zweien. Es giebt also eine relative und eine absolute Länge der Wasserschraube: letztere ist die horizontale Länge des ganzen Schraubenganges, wovon ihre Ruderblätter nur Theile ausmachen, und gleich dem bei jeder Umdrehung von ihr durchlaufenen Wege; erstere ist die horizontale Länge der Ruderblätter. Die absolute Länge der Wasserschrauben Fig. 10 u. 11 ist demnach sehr verschieden: erstere legt bei jeder Umdrehung 16 Fuß zurück, und hat Schaufelfläche genug, um eine Fregatte zu treiben; diese dient als Triebvorrichtung für ein Flußfahrzeug und bewegt sich bei jeder Umdrehung nur 7 Fuß vorwärts.

Die Methode, die Wasserschraube am Schiffe zu befestigen, ist für Seeschiffe folgende: Der Kiel wird unter dem senkrechten Hintersteeven um etwas mehr als die Länge der Schraubenaxe beträgt, verlängert, und durch seitwärts angebrachte Eisenplatten befestigt. Auf das äußere Ende der Verlängerung wird senkrecht ein Butensteeven gesetzt und gleichfalls stark verbolzt. Zwischen dem Hinter- und Butensteeven liegt die Schraubenaxe in der Mitte der Wassertracht, so daß sie sich in ihren metallenen Buxen frei drehen kann. Die Umdrehung der Wasserschraube wird durch Räder und eine Welle, welche mit der Kurbelwelle der Dampfmaschine kommunizirt, in jeder Minute so oft bewirkt, als es die dem Schiffe zu gebende Geschwindigkeit erfordert. — Bei Flußschiffen kann die Verlängerung des Kiels ganz wegbleiben, oder durch eine starke Eisenstange ersetzt werden.

Diese Triebvorrichtung gewährt nun bei richtiger Konstruktion und Anwendung folgende Vortheile:

1) Das Schiff wird durch sie nicht breiter.

2) Sie kann auf der Fahrt durch Brücken und Schleusen nicht leicht beschädigt werden.

3) Sie verursacht keinen Windfang.

4) Sie ist verhältnißmäßig ungleich kleiner, leichter, wohlfeiler und dauerhafter als jede andere Triebvorrichtung.

5) Da sie bei Seeschiffen ganz unter Wasser gelegt wird, so kann keine Neigung des Schiffes sie am Arbeiten hindern.

6) Sie ist für Kriegschiffe vorzüglich brauchbar, da sie der Batterie keinen Raum nimmt, nur von Grundschüssen beschädigt werden kann, und nicht am Steuern hindert.

7) Sie benutzt die ganze Kraft, mit welcher die Dampfmaschine auf sie wirkt, zur Fortbewegung des Schiffes. Dieser Punkt, als der wichtigste von allen, ist von mir wiederholt auf das sorgfältigste untersucht worden, und alle Versuche haben gelehrt, daß die Wasserschraube in vollkommen ruhigem Wasser gerade so wirkt, wie eine gewöhnliche Schraube in einer festen Mutter, daß sie nämlich das Fahrzeug bei jeder Umdrehung so weit forttreibt, als die Länge eines ganzen Schraubenganges, an der Axe gemessen, beträgt. Dieses Fortschreiten könnte aber in der That nicht stattfinden, wenn die Wasserschraube nicht mit der ganzen empfangenen Kraft in der Direktion ihrer Axe auf das Wasser wirkte, sondern einen Theil derselben auf einen schädlichen Druck von oben nach unten oder nach der Seite verwendete. Schwimmt das Fahrzeug mit dem Strome, so legt die Schraube bei einer gleichen Anzahl von Umdrehungen um so viel mehr Weg zurück, als die Geschwindigkeit des Stromes beträgt; wenn sie gegen den Strom arbeitet, vermindert sich um eben so viel die Geschwindigkeit, welche sie dem Fahrzeuge mittheilt. Außerdem hat ein mit der größten Genauigkeit im Beisein eines Sachverständigen mehrmals wiederholter Versuch das Resultat gegeben, daß meine Wasserschraube ein Fahrzeug fast noch einmal so schnell forttreibt, als wenn es mit derselben Kraft durch Ruder bewegt wird. Es ist bekannt, daß die gewöhnlichen Schau-

felräder nicht über die Hälfte dessen leisten, was Ruder bewirken, und es ist daher eher zu wenig als zu viel behauptet, daß die Anwendung meiner Wasserschraube, statt der Schaufelräder, die erforderliche Dampfkraft um volle zwei Drittheile vermindert. Von der Wahrheit dieser Behauptung wird sich derjenige leicht überzeugen, welcher die Bewegungen eines im vorigen Sommer am hiesigen Orte erbauten 50 Fuß langen und 10 Fuß breiten Dampfboots beachtet. Es hat eine Maschine von nur 2 Pferdekraft und ist als erster Versuch in mancher anderen Hinsicht unvollkommen. Dennoch legt es mit Hülfe der Wasserschraube in jeder Minute 540 Fuß zurück. Dieselbe Maschine würde die zu einem solchen Dampfboote gehörigen Wasserräder von 7 Fuß Durchmesser kaum 10mal in jeder Minute umdrehen, und das Schiff kaum aus der Stelle bewegen können.

8) Die Wasserschraube erlaubt dem Fahrzeuge bei hinlänglicher Dampfkraft eine außerordentliche Geschwindigkeit anzunehmen. Allerdings muß es in der Anzahl der Umdrehungen, welche die Wasserschraube in einer bestimmten Zeit machen kann, ein Maximum geben; allein nach meinen Erfahrungen dürfte dieses Maximum schwer zu erreichen sein. Die Schraube eines Modells, welche ich in der Minute 600 Umdrehungen machen ließ, wirkte, da sie bei 1 Zoll relativer Länge in jeder Sekunde einen Raum von 20 Zoll durchlief, ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit noch vollkommen angemessen. Sie theilte auch dem Wasser durchaus keine kreisende Bewegung mit, was man doch bei dem so äußerst geringen Abstande ihrer Schaufelflächen von einander am ersten hätte erwarten sollen. So wie es aber an sich deutlich ist, daß die Wasserschraube nur bei der vollkommensten Konstruktion die möglich größte Umdrehungsgeschwindigkeit annehmen kann, eben so ist es

gewiß, daß sie, um kräftig zu wirken, einer sehr ansehnlichen Anzahl von Umdrehungen bedarf, indem das Wasser um so stärkeren Widerstand leistet, je schneller der Druck auf dasselbe ausgeübt wird.

9) Die Wasserschraube in der angegebenen Form ist auf jedem Gewässer, welches nur ein Dampfboot tragen kann, zu gebrauchen. Obgleich sie ihrer Natur nach am besten wirkt, wenn sie ganz in das Wasser eingetaucht wird, so veranlaßt doch Eintauchung auf die Hälfte oder auf ein Drittheil weiter keine Unbequemlichkeit, als daß die Vorrichtung, um mehr Schaufelfläche zu gewinnen, etwas größer gemacht werden muß. Sie ist auch deswegen für Kanäle ganz besonders zu empfehlen, weil sie die Uferböschungen derselben auf keine Weise beschädigt*).

Nachdem wir nun die zweckmäßigste Einrichtung der Schiffe, der Maschinen und der Triebvorrichtungen beschrieben haben, erhebt sich die Frage: wie viel Kraft ein bestimmtes Dampfboot haben müsse, um unter allen Umständen eine bestimmte Geschwindigkeit zu behaupten, und welches überhaupt das Maximum der Geschwindigkeit eines Dampfbootes sei. Man kann zu der Lösung des ersten Theils dieser Frage auf theoretischem sowohl als praktischem Wege gelangen. Wenn man sich erinnert, daß der Widerstand des Mittels, in welchem die Bewegung vor sich geht, also der Widerstand des Wassers wie

---

*) Es hat Jemand vor kurzer Zeit in England ein Patent für eine Wasserschraube bezahlt, welche aus einem mehrmals um die Axe laufenden Schraubengange besteht, dessen Winkel nach hinten zu immer spitzer werden. Der Erfinder glaubt auf diese Weise die Wasserschraube wirksamer gemacht zu haben; seine Mühe ist aber augenscheinlich verloren. Denn
1) er würde dieselbe Wirkung erlangt haben, wenn er alle Winkel gleich dem letzten gesetzt und die Schraube auf ¼ ihrer Länge reduzirt hätte.
2) Die Winkel, welche gleich 45° oder kleiner sind, erzeugen schädliche Seitenbewegung. — Ich kann daher durch ein Experiment nachweisen, daß meine Wasserschraube bei ¼ der Länge und ½ der Kraft eben so viel leistet als diese Englische.

derjenige der Luft in demselben Verhältnisse wächst, wie das Quadrat der Geschwindigkeit, beachtet, was oben über den Druck des Wassers und der Luft gesagt worden, die Wirksamkeit der anzuwendenden Triebvorrichtung kennt: so wird man bei Berücksichtigung des Baues des Fahrzeuges die Kraft, welche das Schiff gebraucht, um sich mit einer vorausbestimmten Geschwindigkeit in stillem Wasser und bei vollkommen ruhiger Luft fortzubewegen, ohne Gefahr eines wesentlichen Irrthums im Voraus abschätzen können. Oder man wird das Schiff, sobald es gebaut ist, bei verschiedenen Tiefen der Eintauchung mittelst Gewichte durch das Wasser ziehen, die angewandte Kraft und die erlangte Geschwindigkeit notiren, und daraus mit Berücksichtigung des Effekts der Triebvorrichtung das für größere Geschwindigkeiten erforderliche Kraftmoment berechnen. Es ist deutlich, daß ein solcher praktischer Versuch auch bei verschiedenen Richtungen und Geschwindigkeiten des Windes, bei Wellenschlag, bei jeder Richtung und Stärke der Strömung vorgenommen werden kann, und daß er so angestellt und mit Genauigkeit wiederholt, ungleich sichere und allgemein gültigere Resultate liefern muß, als bloße Berechnung. Im Allgemeinen aber läßt sich mit Zuversicht behaupten, daß ein Seedampfschiff wenigstens doppelt so viel, ein Flußdampfschiff wenigstens dreimal so viel Maschinenkraft besitzen müsse, als es unter günstigen Umständen aufwendet, um seinen Weg in einer bestimmten Zeit zu vollenden. Es läßt sich kaum etwas Unüberlegteres denken, als an einem Dampfschiffe, welches nicht zu bloßen Experimenten, sondern zum wirklichen, anhaltenden Dienste bestimmt ist, Kraft sparen zu wollen. Denn gesetzt, ein Dampfschiff, welches die Elbe befährt, brauche stromabwärts nur 16 Pferdekraft, so wird doch stromaufwärts schon die doppelte Kraft nicht mehr ausreichen, wenn es seine ursprüngliche Geschwindigkeit beibehalten soll, und wenn es außerdem noch heftigen Wind zu bekämpfen hat, wird es wenigstens 48 bis

50 Pferdekraft aufwenden müssen. Es ist hierbei nur darauf zu sehen, daß der für Nothfälle vorhandene Kraftüberschuß nicht die gewöhnlichen Unterhaltungskosten vermehre, was bei gut gebauten Hochdruckmaschinen, nicht aber bei Watt'schen Maschinen, ohne Mühe erreicht werden kann.

Die größte Geschwindigkeit, welche man jetzt einem Dampfschiffe, also einem Schiffe überhaupt, ohne Hülfe des Stromes geben kann, scheint diejenige von 3 Meilen in der Stunde nicht um ein Beträchtliches zu übersteigen, und auch diese erreicht das Schiff nur, wenn es vorzüglich gut gebaut ist. Gewöhnlich legt sich nämlich, schon wenn das Schiff nur zwei Meilen in der Stunde durchläuft, ein zwei bis drei Fuß hoher schäumender Wasserberg vor den Bug, und die Anstrengung, welche es besonders in engen Gewässern dem Fahrzeuge kostet, diesen zu durchschneiden, setzt einer noch größeren Geschwindigkeit unübersteigliche Hindernisse entgegen. Es muß inzwischen ein Mittel geben, nicht, diesen Widerstand zu überwinden, was sich nur durch eine unverantwortliche Kraftverschwendung bewirken ließe, sondern vielmehr, ihn großentheils zu beseitigen, und dieses Mittel kann nur in einer ganz eigenthümlichen Bauart des Schiffes bestehen, vermöge deren es sich über die Wasserwelle erhebt, statt sie zu durchschneiden oder vor sich herzutreiben. Ich werde sobald als möglich die hierauf abzweckenden Versuche anstellen, und wenn sie günstig ausfallen, die Resultate bekannt machen.

In Hinsicht der allgemeinen Vortheile, welche eine wahrhaft zweckmäßig eingerichtete See- und Flußdampfschifffahrt dem von so vielen Wasserstraßen durchschnittenen Preußischen Staate gewähren muß, scheint jede weitläufigere Erörterung überflüssig, und zwar für jetzt, weil erst eine Menge von Vorurtheilen durch die That ausgerottet werden müssen; für die

Zukunft, weil dann Niemand mehr an diesen Vortheilen zweifeln wird. So viel ist indeß schon jetzt gewiß, daß unser Land für seinen aufblühenden Gewerbfleiß nicht überflüssig mit Erleichterungsmitteln des Verkehrs ausgerüstet ist, und daß das Unternehmen, solche Erleichterungsmittel zu beschaffen, vor dem aufgeklärten Theile der Nation keiner Rechtfertigung bedarf.

Anhang.

Ueber Dampfwagen als Förderungsmittel auf gewöhnlichen Kunststrassen.

Wenn die Dampfmaschine überhaupt fähig ist, eine bewegende Kraft zu erzeugen und fortzupflanzen, wenn sie, im Raume eines Schiffes aufgestellt, diesem eine von Strom und Wind unabhängige, oft ungemein schnelle Bewegung mitzutheilen vermag, wenn endlich die Erfahrung lehrt, daß in den meisten Fällen die Dampfkraft wohlfeiler zu erhalten ist, als die Kraft der Zugthiere und zugleich weit unbeschränkter: so scheint an sich nichts einfacher in der Vorstellung oder leichter ausführbar, als sie auch zur Fortbewegung von Lasten auf dem Lande zu benutzen. In der That schien es auch, als müsse die Ausführung dieses Gedankens der Dampfschifffahrt den Vorrang in der Zeit abgewinnen. Bereits 1784 nahm Watt ein Patent auf Dampfwagen in England und drei Jahre später Oliver Evans in Maryland in Nordamerika. Watt's Maschinen eigneten sich aber ihrer Schwere wegen nicht für den Zweck, und Evans war zu arm, das Unternehmen, welches von den meisten seiner Landsleute als thöricht verlacht wurde, mit eigenen Mitteln durchzuführen. Im Anfange dieses Jahrhunderts brachte Rich. Trevethik, welcher zuerst in England Hochdruckmaschinen bauete, auch einen Dampfwagen zu Stande, und nun folgten mehre

Versuche in immer kürzeren Zeiträumen, bis vor wenigen Jahren die Möglichkeit, Dampfwagen auf Eisenbahnen sowohl als auf gewöhnlichen Kunststraßen zum Ziehen von Lasten zu benutzen, außer Zweifel gesetzt wurde.

Es ist nicht meine Absicht, hier dasjenige zu erörtern, was den Bau der für Eisenbahnen dienenden Lokomotiven betrifft. Solche Auseinandersetzungen würden mit Rücksicht auf unser Land, und auf Deutschland überhaupt*) ganz überflüssig sein. Wir besitzen keine Eisenbahnen, und haben für eine lange Zeit keine Aussicht, ihrer zu bedürfen; und selbst für England, ja sogar für die Strecke zwischen Liverpool und Manchester ist es noch keineswegs erwiesen, daß sie vortheilhaft seien. Die ungeheuren Kosten der Anlage, welche nur durch einen eben so außerordentlichen Verkehr übertragen werden können und die ganz unverhältnißmäßige Vermehrung der Zugkraft, welche die geringste Steigung der glatten Schienen erfordert, sind Hindernisse, welche der Anlage von Eisenbahnen überall im Wege stehen. Dagegen haben die talentvollsten und erfahrensten Mechaniker Englands vor einer Kommission des Parliaments erklärt, daß sie die Anwendung von Dampfwagen zur Beförderung von Lasten auf gewöhnlichen Kunststraßen nicht bloß für sicher und gefahrlos, sondern bei einiger Vervollkommnung der Lokomotiven für äußerst vortheilhaft halten, und die Ueber-

---

*) Der Hessische Oberbergrath Henschel hat einen Aufsatz über Eisenbahnen und Förderungsmittel auf denselben herausgegeben, worin er unter Anderm vorschlägt, statt des Dampfes die Wagen durch komprimirte Luft zu treiben. Er will sich diese komprimirte Luft durch feststehende Dampfmaschinen verschaffen, und sie dann in die Reservoirs der einzelnen Wagen vertheilen. Ich erinnere bei diesem Vorschlage, der übrigens auch schon in England gemacht ist, nicht an die Kürze der Stationen, welche nothwendig aus seiner Ausführung folgen müßte, noch an die Gefahr, eine große Windbüchsenflasche auf dem Wagen zu haben; ich frage nur, was man von den mechanischen Kenntnissen Jemandes urtheilen müßte, der mittelst einer Dampfmaschine Wasser zu heben, und durch dieses ein oberschlächtiges Wasserrad zu treiben vorschlüge.

zeugung ausgesprochen, daß dieses Förderungsmittel binnen wenigen Jahren die Stelle der Zugpferde bei Gütertransporten und Postfuhren mehr als ersetzen werde.

Ein für Chausseen wahrhaft brauchbarer Dampfwagen muß aber zunächst die Eigenschaften der Leichtigkeit und Kraft im höchsten Grade in sich vereinigen. Bei einem gewöhnlichen Fuhrwerke kommt die Schwere der Pferde selten in Betracht. Denn da bekannt ist, daß die Pferde nur eine mäßige Geschwindigkeit für die Dauer annehmen können, wenn sie nicht ihre ganze Kraft zu ihrer eigenen Fortbewegung aufwenden sollen, so verlangt Niemand in einer Stunde 3 oder gar 5 oder 6 Meilen weit zu fahren. Bei dem Dampfwagen aber verhält sich die Sache anders. Ihr Hauptvortheil besteht in einer durch Pferde nie zu erreichenden, dauernden Geschwindigkeit, und da die Last ihrer bewegenden Maschinentheile bei jeder Geschwindigkeit ungefähr gleich viel Zugkraft erfordert, dieselbe auch stets von der fortzuschaffenden nutzbaren Last abgezogen werden muß, so ist an sich deutlich, daß man das größte Interesse hat, die Maschinerie so zu bauen, daß sie bei der größten Wirksamkeit das möglich geringste Gewicht habe.

Von Watt'schen Maschinen, so wie von gewöhnlichen cylindrischen Hochdruckkesseln kann also bei dem Baue eines Dampfwagens nicht die Rede sein. Der von Gurney erfundene Dampferzeuger (Fig. 13) ist schon weit zweckmäßiger. Er besteht aus den ungefähr 1 Zoll weiten Röhren a, und den eben so weiten Röhren b und c, welche durch Kniee mit einander verbunden sind und in die größeren Röhren A B münden. Ueber B, aber mit diesem kommunizirend, befindet sich der horizontale Dampfsammler C. Der Sammler ist bis x y mit Wasser gefüllt, die übrigen ganz; die Röhren a dienen als Rosten. Dieser Dampferzeuger ist leicht, kann dessenungeachtet einen ungemein starken Druck aushalten, und hat eine große Feuerberührungsfläche. Die Vertheilung des Wassers ist aber

in

in den engen Röhren zu weit getrieben, so daß sich die obersten leicht trocken kochen und verbrennen. Auch veranlaßt der Erzeuger eine tadelnswerthe Verschwendung von Brennstoff, indem nur die Stichflamme bei der Dampfbildung thätig ist, die übrige, noch sehr bedeutende Hitze des Feuers aber ungenutzt entfliegt. Hancock's Dampferzeuger besteht aus 2 Zoll weiten, aufrecht stehenden Kammern, zwischen welchen das Feuer in gleichfalls 2 Zoll weiten Räumen spielt. Hier ist das Wasser zwar gleichfalls sehr vertheilt und die Feuerfläche sehr groß; der Dampf hat aber einen ungleich leichteren Abfluß. Die Dampferzeuger von Ogle und Trevethik sind nach demselben Prinzip konstruirt, nur mit dem Unterschiede, daß statt flacher Kammern Cylinder angewandt werden, und daß bei dem ersteren die Cylinder neben einander um ein Abzugsrohr geordnet sind, bei letzterem aber einander umfassen. Diese drei Arten von Dampferzeugern haben aber bei manchen großen Vorzügen den bedeutenden Mangel, im Verhältniß zu ihrer sehr bedeutenden Feuerfläche und ihres ansehnlichen Verbrauchs an Brennstoff doch nur wenig Dampf zu geben. Der Grund hiervon liegt in der allgemein bekannten Erfahrung, daß ein Feuer, welches gegen den Boden eines Gefäßes wirkt, doppelt so viel heizende Kraft hat, als wenn es die Seiten umspielt. Wie unbrauchbar ein solcher Dampferzeuger sei, ergiebt sich auch aus Folgendem: Die Herren Ogle und Summers sagten vor dem Parliament aus, ihre Maschine arbeitete mit 247 Pfund Druck auf den Quadratzoll, jeder der beiden Cylinder sei $7\frac{1}{2}$ Zoll weit und habe 18 Zoll Hublänge. Nehmen wir nun eine Kolbengeschwindigkeit von nur 160 Fuß in der Minute an, was für einen Dampfwagen sehr gering ist, so müßte jeder Cylinder einen absoluten Effekt von 58 oder einen nutzbaren Effekt von 39 Pferdekraft leisten. Statt dessen giebt Summers an, beide Cylinder äußerten nur 20 Pferdekraft, eine

Aussage, die ihn um allen Kredit als Maschinenbauer bringen muß *).

Wenn nun ein Dampferzeuger für eine Lokomotive wirklich brauchbar sein soll, muß er nothwendig folgende Eigenschaften haben:

1) Sein Gewicht darf mit Einschluß des in ihm befindlichen Wassers nicht $1\frac{1}{2}$ Centner für jede Pferdekraft übersteigen.

2) Er muß gefahrlos sein.

3) Er muß für jede $3\frac{3}{4}$ Quadratfuß Feuerfläche in jeder Minute wenigstens 1 Pfund Wasser verdampfen oder 25 Kubikfuß einfachen Dampf liefern.

4) Der Dampf muß auf die leichteste Weise aus dem Wasser aufsteigen und sich in sich selbst komprimiren können.

5) Das Feuer muß vorzüglich von unten nach oben wirken.

6) Kein Theil der dem Feuer ausgesetzten Flächen darf jemals durch das Aufsteigen der Dampfblasen von Wasser entblößt werden.

7) Das Alimentationswasser muß dem Dampferzeuger von unten zugeführt werden, und darf mit dem aufsteigenden Dampfe nicht in Berührung kommen.

8) Die Temperatur der durch den Schornstein abfliegenden Hitze darf die Temperatur des Dampfes nur um ein ganz Geringes übersteigen.

9) Die Maschine darf für eine nutzbare Kraft von 20 Pferden höchstens $1\frac{1}{4}$ Pfund Steinkohlen oder $2\frac{1}{2}$ Pfund Coaks in der Minute verbrauchen.

Was die Schwere der übrigen Theile des Dampfwagens anbetrifft, so muß derselbe im Allgemeinen so gebaut sein, daß er bei vollkommener Dauerhaftigkeit für jede nutzbare Pferde-

---

*) Ich habe hier das von Dr. Church in Birmingham konstruirte Röhrensystem, dessen außerordentliche Wirkungen so sehr gerühmt werden, nicht näher erwähnt, weil ich die Einrichtung desselben nicht kenne.

kraft höchstens um ein Viertheil mehr wiegt, als das Gewicht eines vierspännigen leeren Postwagens für jedes Zugpferd beträgt. Wiegt also ein solcher Wagen 1600 Pfund, so darf eine Lokomotive von 20 Pferdekraft nicht über 90 Centner wiegen. Es wird aber nicht schwierig sein, dieselbe noch leichter zu bauen.

Wenn nun ein Dampfwagen in den Verhältnissen des Gewichts zu denen der Kraft allen billigen Anforderungen entspricht, wenn alle Reibung seiner Theile an einander so viel als möglich vermieden, und besonders das Dampfrohr nicht zu lang ist, noch viele Winkel bildet, so wird man auch auf Chausseen einen Effekt von ihm erwarten dürfen, den Zugpferde durchaus nicht zu leisten vermögen.

Auf einer guten, ebenen Chaussee beträgt die zur Bewegung erforderliche Zugkraft ungefähr $\frac{1}{20}$ der zu ziehenden Last. Ein Pferd, welches mit 125 Pfund Kraft zieht, wird also auf derselben eine Gesammtlast von 2500 Pfund oder 22 Centner 80 Pfund in Bewegung setzen. Es wird mit dieser Last, wenn es anhaltend arbeiten soll, in der Stunde nicht über $\frac{1}{2}$ Meile zurücklegen. Legt das Pferd aber $1\frac{1}{4}$ Meile in der Stunde zurück, so kann es nur noch mit 60 Pfund Kraft arbeiten oder 10 Centner 100 Pfund ausdauernd bewegen. Wird endlich dem Pferde eine anhaltende Geschwindigkeit von 3 Meilen in der Stunde zugemuthet, so kann es, wenn es auch so stark zu laufen vermöchte, doch nicht das Geringste mehr ziehen, weil es seine ganze Kraft zur Fortbewegung des eigenen Körpers aufwenden muß.

Wo aber die Kraft der Zugpferde schon ihr Ende erreicht, tritt diejenige des Dampfwagens erst in ihre volle Wirksamkeit. Die Versuche von Coulomb sowohl als diejenigen, welche der Mechaniker Roberts auf ausdrückliches Verlangen der Liverpool-Manchester-Eisenbahn-Compagnie anstellte, haben unwiderleglich dargethan, daß die Reibung der Wagenräder gegen

den Boden nur im Verhältnisse der Last wächst, daß also vermehrte Geschwindigkeit nur in so fern Vermehrung der Zugkraft erheischt, als bei schnellerer Bewegung der Druck der Luft gegen den bewegten Gegenstand zunimmt. Ein Dampfwagen muß folglich beinahe mit derselben Leichtigkeit in einer Stunde ½ Meile und 3 Meilen zurücklegen, und wenn er bei der ersteren Geschwindigkeit für jede Pferdekraft mit 125 Pfund zieht, bei der letzteren wenigstens mit 120 Pfund arbeiten. Ebenso um eine gegebene Last auf einem gegebenen Wagen eine bestimmte Strecke weit zu transportiren wird man ungefähr das nämliche Quantum Dampf anwenden müssen, man mag nun dieses Quantum iu einer oder in sechs Stunden verbrauchen. Wenn man nun im Allgemeinen annehmen darf, daß ein Dampfwagen zugleich mit seiner eigenen Last beinahe das Sechsfache seines Gewichts auf einer guten, ebenen Chaussee mit einer Geschwindigkeit von 3 Meilen in der Stunde zu fördern vermöge, so dürfte man einer Lokomotive von 20 Pferdekraft und 80 Centner Gewicht noch beinahe 400 Ctr. Last auflegen oder anhängen.

In der Praxis aber würde man sehr unrecht thun, wollte man die Lokomotive so schwer beladen. Man muß nämlich zuvörderst einen ansehnlichen Theil der Maschinenkraft für die Anhöhen aufsparen, über welche der Weg führt, sodann muß man auch die Hindernisse in Anschlag bringen, welche nasse Witterung im Sommer, Eis und Schnee im Winter, oder eine Aufschüttung von Kies oder Steinen auf die Chaussee den Bewegungen der Maschine entgegensetzen können. Regenwetter nämlich weicht die oberste Rinde der Chaussee auf und verwandelt sie in Koth, der, so wie eine Aufschüttung, die Reibung der Räder zur Ungebühr vermehrt; Eis und Schnee dagegen können die Reibung so vermindern, daß sie zum Ziehen der Last nicht mehr ausreicht. Endlich muß das Gewicht des mitzunehmenden Brennmaterials und Wassers und das Gewicht des

Kondukteurs und Maschinenwärters von der zu befördernden nutzbaren Last abgezogen werden, so daß die Maschine höchstens mit 12 bis 13 Centnern an Passagieren und Gütern für jede Pferdekraft belastet werden darf.

Die Lokomotive wird nun auf folgende Weise in Bewegung gesetzt. An jeder Seite des Wagens befindet sich ein Dampfcylinder. Der Dampf strömt mittelst eines gewöhnlichen Schiebladenventils abwechselnd auf die eine und die andere Seite der Kolben und setzt sie in eine hin und hergehende Bewegung, welche, da man Balanciers nicht wohl anwenden kann, durch Kurbelstangen, welche entweder auf die Speichen der Räder oder auf Krummzapfen wirken, in eine rotirende umgewandelt wird. Die Krummzapfen sind in der Regel Theile der Hinteraxe und bilden gegen einander einen rechten Winkel, damit sie einander den todten Punkt überwinden helfen, folglich die Umdrehung der Hinterräder, welche an der Axe befestigt sind, vollkommen gleichmäßig von Statten gehe. Es ist hieraus deutlich, daß jeder Doppelhub der Cylinder die Hinterräder einmal umdreht, und daß diese letzteren, indem sie sich gegen den Boden reiben, auf ebenem Wege den Wagen bei jeder Umdrehung ungefähr so weit fortschieben, als die Peripherie eines derselben beträgt. Will man demnach schnell fahren, so muß man erstens den arbeitenden Hinterrädern einen Durchmesser von wenigstens 5 Fuß geben, und zweitens die arbeitenden Cylinder eine beträchtliche Anzahl von Doppelhüben in der Minute machen lassen. Vorgelege als Mittel zur Steigerung der Umdrehungsgeschwindigkeit anzuwenden, ist nicht rathsam, weil sie stets viel Kraftverlust veranlassen, und ein solches Geräusch verursachen, daß sich die Pferde vor dem Dampfwagen scheuen. Verminderung der Geschwindigkeit wird durch eine geringere Anzahl von Doppelhüben und durch einen verhältnißmäßig geringen Durchmesser der arbeitenden Hinterräder erlangt.

Der Lenkapparat befindet sich am Vordertheil des Dampfwagens. Es besteht aus einem inwendig gezahnten Bogen, der an beiden Enden mit der Vorderaxe fest verbunden ist. In die Zähne des Bogens greift ein kleines Rad oder ein Getriebe, durch dessen Mittelpunkt eine starke eiserne Stange senkrecht in die Höhe geht. Auf das obere Ende der Stange ist ein Rad mit Speichen oder ein Kreuz befestigt, und indem der Kondukteur dieses letztere nach der rechten oder linken Hand hindreht, werden die Vorderräder links oder rechts gewendet. Diese einfache und leicht zu handhabende Vorrichtung hat sich bisher selbst bei den kürzesten Wendungen des Wagens als so vollkommen zweckmäßig bewährt, daß sie schwerlich von einer anderen verdrängt werden dürfte. Uebrigens ist klar, daß man auch mit einem Vorderrade würde ausreichen können, besonders dann, wenn, wie es immer geschehen sollte, die Hinterräder wenigstens zwei Drittheile der ganzen Last tragen.

Es ist überhaupt ein Vorzug des Dampfwagens, daß der Kondukteur die Bewegungen desselben weit mehr in seiner Gewalt hat, als ein Kutscher seine Pferde zu kontrolliren vermag. Eine Wendung des Regulirhahns, welcher den Dampfzufluß zum Cylinder bestimmt, bringt die Maschine augenblicklich aus dem schnellsten Gange in einen weit langsameren, oder nöthigt sie ganz still zu stehen. Ja, wenn der Raum zum Wenden zu beschränkt sein sollte, und die Umstände es erforderten, kann die Lokomotive, nachdem der Dampfzufluß einige Sekunden lang gehemmt worden, sogleich mit voller Kraft und Leichtigkeit sich rückwärts bewegen, und somit jeder möglichen Gefahr des Anstoßens oder Umwerfens ausweichen. Auch sind die einsichtsvollsten Mechaniker Englands aus eigener Erfahrung der Meinung, daß der Gebrauch von Dampfwagen auf gewöhnlichen Kunststraßen die Gefahren des Reisens außerordentlich vermindern müsse.

Es war und ist noch jetzt weit verbreitete Meinung, daß

die Dampfwagen die Anhöhen der Kunststraßen nicht überwinden können. Man stützt sich dabei auf die bei den Eisenbahnen gemachten Erfahrungen. Auf den Schienenwegen ist in der That die Reibung der Räderreifen gegen die Bahn, mittelst welcher allein der Wagen sich fortbewegt, so äußerst gering, daß sie kaum $\frac{1}{200}$ der Last beträgt. Dieser Umstand ist dem Ziehen ungemein günstig, so lange die Eisenbahn vollkommen horizontal liegt, beginnt sie aber auf 200 Fuß nur 1 Fuß zu steigen, so muß die Zugkraft sofort verdoppelt werden. Bei $\frac{1}{100}$ Steigung ist schon eine dreifache, bei $\frac{1}{50}$ eine fünffache, bei $\frac{1}{25}$ eine neunfache und bei $\frac{1}{15}$ eine mehr als vierzehnfache Kraft erforderlich. Einer solchen Vermehrung der Kraft ist aber keine Dampfmaschine fähig. Die Lokomotive kann auf einer Eisenbahn wegen des Mangels an Reibung nicht einmal ihr eigenes Gewicht eine Anhöhe hinaufschleppen, die auf einer Chaussee fast gar nicht beachtet wird, sondern muß durch eine stationäre Dampfmaschine über die schiefe Ebene hinauf gezogen werden. Befährt aber der Dampfwagen eine Chaussee, so stellt sich die Sache ganz anders. Er wird auf dieser so beladen werden, daß man das Verhältniß der Reibung zur Last im Allgemeinen wie 1 zu 15 ansetzt. Demgemäß ist die vom Dampfwagen zu übende Zugkraft

in der Horizontale gleich			1		
bei $\frac{1}{200}$	Steigung	»	$1+\frac{15}{200}$	gleich	1,075
bei $\frac{1}{150}$	»	»	$1+\frac{15}{150}$	»	1,1
bei $\frac{1}{100}$	»	»	$1+\frac{15}{100}$	»	1,15
bei $\frac{1}{75}$	»	»	$1+\frac{15}{75}$	»	1,2
bei $\frac{1}{50}$	»	»	$1+\frac{15}{50}$	»	1,3
bei $\frac{1}{25}$	»	»	$1+\frac{15}{25}$	»	1,6
bei $\frac{1}{15}$	»	»	$1+\frac{15}{25}$	»	2

Hieraus ergiebt sich, daß dem auf Chausseen fahrenden Dampfwagen ein ungleich größerer Spielraum in Hinsicht der Erhebungen des Terrains offen steht, als dem Dampfwagen,

welcher auf Eisenbahnen angewandt wird. Böschungen von $\frac{1}{25}$, welche dem letzteren durchaus unüberwindlich sind, ersteigt der erstere vermöge der größeren Reibung seiner rauhen Bahn ohne alle Mühe, wenn die von ihm zu bewegende Last um ein Drittheil geringer ist, als diejenige, welche er auf der Ebene überhaupt fortzuschaffen vermag; und erst, wenn die Steigung $\frac{1}{15}$ beträgt, muß er das Doppelte der Kraft anwenden, mittelst welcher er die größte von ihm zu bewegende Last fördern kann. Ist er aber, wenn er vor einer solchen Anhöhe anlangt, nur mit 12 bis 13 Centner für jede Pferdekraft beladen, und hat er folglich schon einen beträchtlichen Kraftüberschuß in sich, so wird ein lebhafteres Feuer und ein von selbst eintretender langsamerer Gang der Maschine, welcher den Dampf sich mehr zusammendrücken läßt, bevor er gebraucht wird, das noch Fehlende leicht ersetzen. Noch steilere Anhöhen kommen auf Preußischen Chausseen, deren Steigung gesetzlich höchstens $\frac{3}{4}$ Zoll auf 1 Fuß beträgt, nur äußerst selten vor, und wenn es unausführbar erscheinen sollte, dieselben mehr zu ebenen, so könnte man dem Dampfwagen entweder zwei Pferde Vorspann geben, oder man könnte denselben überhaupt auf Stationen, die ein bergiges Terrain haben, mit kleineren Hinterrädern versehen, und so die Kraft auf Kosten der Schnelligkeit vermehren. Wichtig ist noch in Hinsicht des Bergauffahrens mit Dampfwagen die Thatsache, daß Gurney's Lokomotive, obgleich in mancher Hinsicht unvollkommen, doch durchaus keine Schwierigkeit fand im Ersteigen steiler Anhöhen.

Was das Bergabfahren betrifft, so führt dies bei Dampfwagen ungleich weniger Gefahr mit sich, als wenn es mit Pferden geschieht. Im ersteren Falle nämlich ist die bewegende Kraft weit mehr unter der Herrschaft des Kondukteurs, und kann im Nothfalle ganz auf die Hemmung der arbeitenden Räder verwandt werden. Man bedarf daher nie eines Hemmschuhes bei Dampfwagen.

Als eine Hauptbedingung der Brauchbarkeit der Dampfwagen auf gewöhnlichen Kunststraßen muß gefordert werden, daß die Maschinerie sowohl gegen plötzliche Zerstörung als gegen schnelle Abnutzung gesichert sei. Die erstere kann nur von dem Dampferzeuger ausgehen, und ist leicht zu vermeiden, wenn man den einzelnen Gefäßen, woraus derselbe besteht, einen so geringen Kubikinhalt als möglich giebt, und sie so gegen einander und den Feuerheerd ordnet, daß jede Oeffnung, welche in einem derselben entstehen möchte, dem in den anderen enthaltenen Wasser und Dampfe als gelüftetes Sicherheitsventil dient. Uebrigens muß jedes vom Feuer berührte Gefäß stets mit Wasser gefüllt sein, und einen Druck, der ein Vielfaches des Dampfdruckes beträgt, ohne Gefahr aushalten können. Das Probiren mittelst sehr hochdrückenden Dampfes ist hier aus begreiflichen Gründen dem Probiren mit der Druckpumpe vorzuziehen. Die schnelle Abnutzung der Maschinerie, eine Folge des Rüttelns und Stoßens auf nicht ganz ebenem Wege, so wie des Ausschleifens der Gelenke und Zapfenlager durch Staub und andere Unreinigkeiten, läßt sich schwerer verhüten. Es ist bisher noch nicht oft versucht worden, und scheint kaum ausführbar, die Cylinder einer auf Chausseen fahrenden Lokomotive von den Federn des Wagens tragen zu lassen, weil in diesem Falle der feste Stützpunkt fehlen würde, von welchem aus sie ihre Kraft üben könnten. Indessen halte ich mich überzeugt, daß es allerdings möglich ist, den Cylinder und die Kolbenstange in Hinsicht der Federn so zu legen, daß sie von den Unebenheiten des Weges fast nichts empfinden, und doch die Hinterräder von einem festen Punkte aus in Bewegung gesetzt werden. Es fragt sich jedoch noch, ob es nicht möglich sei, die gewöhnlichen Wagenfedern mit einer Vorrichtung zu vertauschen, welche den Stoß noch wirksamer bräche, und die Ungleichheiten des Weges noch weniger empfinden ließe. Auf keinen Fall aber darf man sich auch bei der schnellsten Fahrt

bloß auf das Moment des Wagens als ein Hülfsmittel zur Vermeidung der Erschütterungen verlassen. Der Staub läßt sich wohl dadurch am besten abhalten, daß man die Zapfenlager und Gelenke in luftdichte Gefäße einschließt.

Daß Dampfwagen, mit vollkommen zweckmäßigen Dampferzeugern versehen, Feuersgefahr veranlassen sollten, ist kaum denkbar. Selbst den Rauch, der in Städten und Dörfern beschwerlich fallen dürfte, kann man vermeiden, wenn man Coaks brennt.

Wenn endlich die merkantilischen und ökonomischen Vortheile einer Neuerung für die Einführung derselben sprechen können, so dürfen wir hoffen, daß nicht bloß in England sondern auch in Preußen die Dampfwagen einen großen Theil der jetzt vorhandenen Zugpferde bald überflüssig machen werden. Denn

1) der Dampfwagen kann eine gegebene Last wenigstens doppelt so schnell bewegen als Zugpferde. Wäre also auch alles Uebrige gleich, so würde dieser Vorzug allein dem Staate einen außerordentlichen Vortheil gewähren, und zwar im Frieden durch die Beschleunigung des Verkehrs, im Kriege durch die Möglichkeit, in der kürzesten Frist Waffen und Kriegsvorräthe aus den entferntesten Gegenden des Landes nach den bedroheten Punkten zu schaffen.

2) Jede Pferdekraft eines Dampfwagens leistet aber auch in Hinsicht der Dauer der Arbeit das Dreifache eines Zugpferdes. Ein solches kann anhaltend höchstens sechs bis acht Stunden des Tages hindurch arbeiten. Die Dampfkraft aber ermüdet nie.

3) Wenn nun ein Dampfwagen von 20 Pferdekraft theils durch seine Schnelligkeit, theils durch seine Unermüdlichkeit so viel leistet, als 120 Zugpferde, so stellen sich auch die Anschaffungskosten sehr zum Vortheil des ersteren.

4) Die Kosten des Brennmaterials, welches der Dampfwagen

verbraucht, sind in Vergleich mit der geleisteten Arbeit weit geringer als die Unterhaltungskosten von Zugpferden.

5) Der Dampfwagen fordert nur Unterhalt, während er arbeitet, das Pferd während es lebt.

6) Die Kosten für Stallung und Wartung sind bei Dampfwagen zehnfach geringer als bei Pferden.

7) Die Kosten der Reparaturen an den Dampfwagen sind ungleich geringer als die Kosten, welche Hufbeschlag, die Abnutzung der Geschirre und die Krankheiten der Pferde verursachen.

8) Endlich werden auch die Chausseen durch Dampfwagen verhältnißmäßig weit weniger beschädigt, als durch gewöhnliches Fuhrwerk, indem die Hufe der Pferde den Chausseen weit mehr Schaden zufügen, als die breiten cylindrischen Reifen der Räder.

Berlin, gedruckt bei A. Petsch.

Anzeige.

In demselben Verlage ist erschienen:

Rothe (Geh. Ober Baurath)

Beiträge zur Maschinen-Baukunde

Erstes Heft

Wasserförderungs-Maschinen, durch die bewegende Kraft des Wassers, des Windes und des Wasserdampfes.

gr. 4. Mit 8 Kupfertafeln in Folio. Preis 5 Rthlr.

Folgende Inhalts-Anzeige giebt die vollständige Angabe dessen, was man in diesem Werke findet:

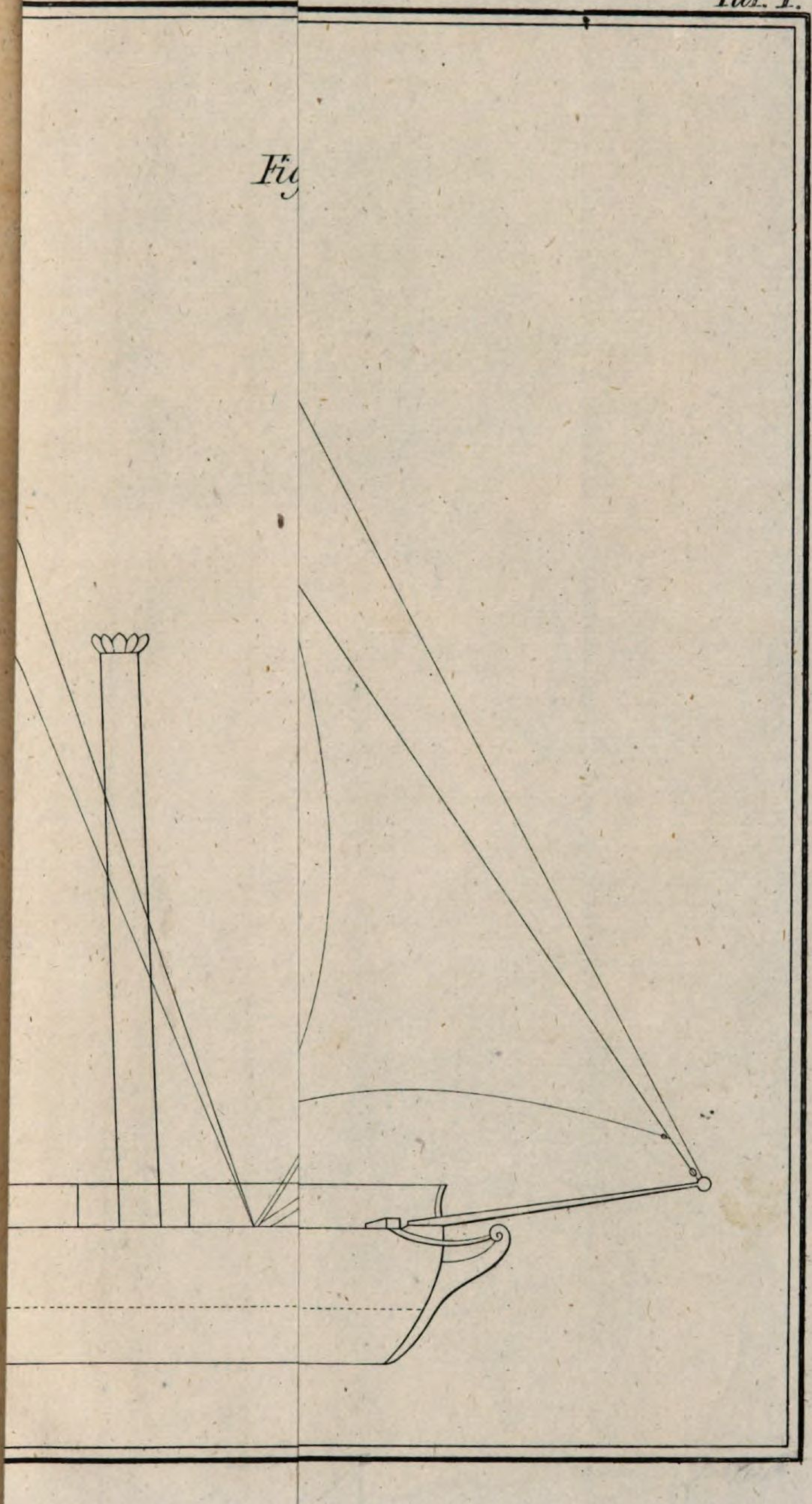
I. Wasserförderungs-Maschine, welche durch die Kraft des Wassers bewegt wird.
II. Wasserförderungs-Maschinen, welche durch die Kraft des Wassers, des Windes und des Wasserdampfes bewegt werden.
III. Ueber die mannigfaltige Construction der Pumpen und über die Anwendung mehrerer Wasserräder zur Bewegung einer einzigen Pumpe.
IV. Allgemeine Berechnung der auf Taf. II. und VI. dargestellten Wasserförderungs-Maschine, welche durch Wasserkraft bewegt wird.
V. Die Wasserförderungs-Maschine zu Marly betreffend.
VI. Die Anlegung einer Wasserförderungs-Maschine und Wasserleitung zu Berlin betreffend.
VII. Anlegung einer Wasserförderungs-Maschine und Wasserleitung zu Potsdam.
VIII. Bemerkung über die Sooleförderungs-Maschine der Königl. Saline Dürrenberg.
IX. Bemerkung über die Wasserleitung zu Königsberg in Preußen, und über die vortheilhafte Benutzung der daselbst vorhandenen Wasserkraft.
X. Bemerkung über die Wassersäulen-Maschine bei Illfang.
XI. Ueber den Preis oder Werth der bewegenden Kraft des Wassers, des Windes, des Dampfes, der Pferde und der Menschen.
XII. Auszug aus Mangers Baugeschichte, den unter König Friedrich II. angefangenen aber nicht vollendeten Bau eines Wasserschöpf- und Wasserleitungs-Werkes zu Potsdam betreffend mit einigen Bemerkungen.

Ferner:

Neue Beiträge zur Kenntniß des gewerblichen und commerciellen Zustandes der Preußischen Monarchie. Aus amtlichen Quellen. Von C. W. Ferber, Königl. Preuß. Geheimen Ober-Finanzrathe. Mit 13 Tabellen. gr. 8. 1832. 1 Rthlr. 20 Sgr.

Inhalt: Nachweisung über Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr. — Gewerbesteuer und Zustand der Gewerbsamkeit. — Erfolge der Geschäftsführung der General-Commissionen. — Gewerbetabelle der Preuß. Monarchie. — Der Handel. — Uebersicht der Zoll- und Handels-Vereine und Verträge. — Einkünfte der Postverwaltung. —

Taf. I.



Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Kufahl, Ludwig,

Theoretisch-praktische Abhandlung über die Dampfschifffahrt, ihre neuesten Verbesserungen, und ihre Anwendbarkeit auf die Gewässer des Preußischen Staates nebst einem Anhange über Dampfwagen als Förderungsmittel auf gewö hnlichen Kunststraßen ; mit 5 Kupfertafeln

Berlin 1833

BHS III 70
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708346-1